

Japan  
Audio  
Society

# JAS

# journal

平成26年5月1日発行  
通巻428号  
発行 日本オーディオ協会

2014

Vol.54 No.3

5

- 新年度にあたり「ハイレゾは救世主に成りうるか」 校條 亮治
- AES ベルリンコンベンション報告 亀川 徹
- 特集：マイクロホン
  - ※ マイクロホンの基礎 穴澤 健明
  - ※ リボンマイクロホンの開発 秋野 裕、鈴木 進吾
  - ※ 音響遮蔽板を利用したマルチチャンネルワンポイント球形マイクロホン 小野 一穂、西口 敏行、松井 健太郎
  - ※ リアキャンセル マイクロホン CSR-2 について 盛田 章
  - ※ ソニー業務用コンデンサマイクロホン「C-800G」 村上 佳裕
- 連載 『試聴室探訪記』第23回 谷口 とものり・森 芳久  
～谷口とものり、魅惑のパノラマ写真の世界～  
T氏のオーディオ&ホームシアタールーム訪問
- JAS インフォメーション  
平成25年度第6回（平成26年3月）理事会・運営会議報告



一般社団法人

日本オーディオ協会



12月6日  
音の日

3. 新年度にあたり「ハイレゾは救世主に成りうるか」  
校條 亮治
6. AES ベルリン コンベンション報告  
亀川 徹
- 特集：マイクロホン
12. マイクロホンの基礎  
穴澤 健明
14. リボンマイクロホンの開発  
秋野 裕、鈴木 進吾
20. 音響遮蔽板を利用したマルチチャンネルワンポイント  
球形マイクロホン 小野 一穂、西口 敏行、松井 健太郎
26. リアキャンセル マイクロホン CSR-2 について  
盛田 章
31. ソニー業務用コンデンサマイクロホン 「C-800G」  
村上 佳裕
- 連載 『試聴室探訪記』 第 23 回 谷口 ともり・森 芳久
37. ～谷口ともり、魅惑のパノラマ写真の世界～  
T 氏のオーディオ&ホームシアタールーム訪問
- JAS インフォメーション
41. 平成 25 年度第 6 回 (平成 26 年 3 月) 理事会・運営会議報告

#### 5月号をお届けするにあたって

爽やかな日々が続いておりますが、気温も上がりそろそろ梅雨も近いか、という時期になりました。新年度が始まって2ヶ月ほど経ちましたが、オーディオ業界の動向を振り返りつつ、今後の課題や協会の取り組みと抱負について、校條会長の「新年度にあたり」を掲載させていただきました。6月には総会も予定されており、JASの活動計画についてより詳しくお伝えする予定です。

4月に開催されたAESのベルリン コンベンションの報告を東京芸術大学の亀川氏に寄稿いただきました。筆者は「ヘッドホンのための音をどうやって作成するか？」というワークショップにチェアとして参加されました。JAS技術会議で取組んでいるテーマとも深く関連しますが、重要度を増しつつあるヘッドホン視聴への関心が、世界的にも高まっているように感じられます。

本号ではマイクロホンの特集いたしました。リボンマイクロホン、マルチチャンネル用ワンポイント球形マイクロホン、リアキャンセル・ガンマイクロホン、真空管式コンデンサマイクロホンなどにつきまして、オーディオテクニカ、三研マイクロホン、NHK、ソニーの方々から寄稿いただきました。特集のはじめに「マイクロホンの基礎」として簡単な解説を加えましたので、これと併せて最新の業務用マイクロホンの動向をお読みいただければと思います。連載の「試聴室探訪記」では個人のリスニングルームを訪れました。

#### ☆☆☆ 編集委員 ☆☆☆

(委員長) 君塚 雅憲 (東京芸術大学)

(委員) 穴澤 健明・稲生 眞 ((株) 永田音響設計)・大久保 洋幸 (日本放送協会)

高松 重治 (アキュフェーズ (株))・春井 正徳 (パナソニック (株))・森 芳久・八重口 能孝 (パイオニア (株))

山崎 芳男 (早稲田大学)・米田 晋 ((株) ディーアンドエムホールディングス)

## 新年度にあたり「ハイレゾは救世主に成りうるか」

一般社団法人 日本オーディオ協会

会長 校條 亮治

日本オーディオ協会は、60周年を機に「中期事業計画」を起し活動してきましたが、今期は最終年となります。しかし、この3年間に、政権は民主党から自民党に代わり、政策もデフレ脱却を旗印に異次元金融緩和と消費税増率など大きな転換がされました。また、東日本大震災もなんとなく風化しそうな気配となっています。日本人の移り気の早さと、過去を振り返らない、無責任体質の悪癖が表面化したと云っても過言ではないと考えます。オーディオ業界にも昨年あたりから「ハイレゾリユーション」なる新たな波が押し寄せています。新年度を迎えるにあたり、過去とも正面から向き合い、真の業界発展に向けた議論が沸き、具体的な行動になることを願ってやみません。特に、「ハイレゾリユーション」なる動きについては本質を捉え、それが低迷する国内オーディオ業界の発展に寄与すべく起爆剤になるよう、協会としては冷静なリード役を担うつもりです。

### 1. 近年のフォーマットの歴史を紐解く

さて、そこで1982年のCD発売前後の重要なトピックスを幾つか拾って考察してみましょう。1979年に「ウォークマン」が発売され、再生音楽の聞き方スタイルは一変しました。一部のオーディオマニアや評論家からはこれを持ってオーディオは衰退したという人がいますが、私は当たらないと考えています。但し、このステージにおける「飽くなき良い音を追及する」ことは素材であるテープに於いては進化しましたが、機器全体では限界であったことは否めません。この流れは「iPod」に至ってさらに加速され、利便性のみが追及されることになりました。もっとも、昨今、この世界にも良い音を求める消費者に応える商品が開発され、支持を得ている事実が出てきていることを認識しておかねばなりません。1981年には絵の出るレコードとして「レーザーディスク」が世に出ました。これはいわゆる「デジタル」ではありませんが「映像と音の融合」を目指した新しいフォーマットでした。「カラオケ」市場を構築したことと、その後のビデオディスク(DVD)への発展につながりましたが、残念ながら「オーディオ」という視点では追及不足であったことは否めません。そして1992年には「MDディスク」が発売されます。膨大に市場に残っていた「カセットテープデッキ」の代替機として日本発として登場しました。途中からは規格拡張が行われたものの、当初より「Hi-Fi性」への疑問点が指摘され、国内では一定の市場を築いたものの、世界的フォーマットとはなりません。1996年にDVDが発表投入され、1999年にはDVDオーディオが、同じくSACDが投入されました。DVDは映像メディアとしては大きな市場創造商品となりましたが、オーディオに関しては全くと言ってよいほど育ちませんでした。2007年にはDVDオーディオプロモーション協議会もひっそりと活動を停止しました。SA-CDは、ハイクオリティーCDとして現在も発売されていますが一大市場とは言えません。さらには、世界で初めてソニーからブルーレイ・ディスク・レコーダーが2003年4月に発売さ

れました。ブルーレイ・ディスクはHD DVDとの規格争いから大混乱の中、ようやく2008年2月に決着しBDに一本化が成りました。BDのオーディオ活用も、当初から企画されてきましたが注目されず2012年頃から国内に於いて少数ですがリリースされるようになりました。

また、PC系及び配信系の進捗もこの2、3年の間に大きく進展し、特に昨年ごろからはハイレゾリューション配信系が台頭しつつあります。これらは、一部のマニアは当然ながらスマホ、タブレット活用户にも広がりを見せつつあります。

## 2. CDの延命と規格競争

この様に日本発（実際はフィリップス・ソニー協同）のCDが世に出てから既に32年が経ちました。これほど永く命脈を保ってきたメディアは過去ありません。これまで縷々述べてきましたが何故CDが生き延び、一方で幾多の新技术やフォーマットが脱落していったかを掘り下げるにより、今後のオーディオ市場の動向が占めるのではないかと考えます。

### (1) インパクト

CDはLPレコードの代替として登場しました。サイズは30cmから12cmと大幅に小さくなり、可搬・収納の利便性は圧倒的でした。信号はアナログからデジタルへと激変し、さらには非接触型であり、スクラッチノイズレスでもあり、これらのサプライズは消費者にとっては驚きを持って迎えられました。それに対し、その後登場したフォーマットは消費者にとってLPレコードからCDへのチェンジほどのベネフィット格差は見られませんでした。具体的にはその後登場したディスクも、CD同様光ディスクの範疇であったこと。また、音楽、オーディオ志向派にとって映像は不必要な分野でしかありえなかったことです。勿論、技術的にみれば登場したフォーマット技術は大きく進化していたことは間違いがありませんが、消費者側から見ればその価値を、一部の人たちを除いては感じ取ることができませんでした。もっと大胆に言えばCDは、それほど技術的にも、その他の価値観においても完成された商品であったと言えます。

### (2) 規格競争

CDも商品化までには紆余曲折や企業間での確執はありましたが、消費者が混乱しているとは認識しなかったことが救いとなり素直に受け入れられました。しかしLDとVHDの場合、またBDとHD DVDの場合などは典型的な規格争いに消費者が巻き込まれたケースです。

勿論、規格競争が全ていけないわけではありません。技術の進化過程ではあるべきことです。古くは、エジソンの筒型蠟管蓄音機とベルリナーの円盤型レコードの提案は典型的な規格競争です。逆にこのような競争があったからこそ、今日の音楽産業やオーディオ産業に発展してきたと言えるでしょう。問題は常に消費者視点（顧客視点）に立った競争になっているかどうかです。ましてや、今日のような高度に技術も市場も発展した時代において、顧客や市場は多様化しており、一大デファクトスタンダードになることは極めて難しい状況と言えます。

### (3) 顧客満足

現在のように、技術的にも市場的にも成熟した世界で最大公約数的な「顧客満足」を、得ることは難しくなっています。逆に多様化、あるいはセグメンテーションされた市場、および顧客でしか満足を得ることは出来ないかもしれません。企業は常に、“より大きな成功”、“より大きな利益”、“より効率化”を目指して活動します。未成熟市場においては、それは一つの技術、一つの

商品でも「顧客満足」を得て成功に導くことは可能ですが、多様化した市場や顧客要求の下では出来ません。オーディオ市場に例を取れば、完成されたメディアとして認知されている CD（一般的な音楽愛好者、オーディオ愛好者から見て）を超える最大公約数的な「顧客満足」を得ることは難しいと言えます。一方で「顧客要求」とは常に飽くことを知らないものであり、このまま CD に「満足」を持ち続けてくれる保証はあり得ません。（既に CD 市場は長期低落し、現実として起きている）ここに技術開発の余地があるのです。それは最大公約数的に大多数の顧客満足を一度に勝ち得るものではないことを認識しておくことが大切です。

### 3. ハイレゾリューションオーディオの台頭

#### (1) ハイレゾリューションとは

ハイレゾリューションは別に新たな技術ではありません。こうやってしまうと身も蓋もありませんが、デジタル技術と伝送技術の進化から派生した“概念”若しくは“概念を支える技術”と言えます。従って LP レコードから CD へとメディアチェンジを起こした様なインパクトは期待できません。しかし、「高精細」という言葉が表現しているように、これを素直に理解して上手くマーケティングをすることにより、“新市場”を創造することは可能です。

#### (2) ハイレゾリューションは救世主になりうるか

ハイレゾリューションは、新たな技術ではないと言いましたが、現状の CD に比べ着実に進化した技術です。従って上手くその技術を取り込み、マーケティングをすることにより、現状の低迷するオーディオ業界や音楽業界を活性化する力は持ち得ているものと考えられます。

その鍵は私たち、ハードやソフトの「メーカーサイド」の考え方と具体的な取り組み方や進め方によります。

その鍵は前述しましたが、第一に“現市場・顧客”にどのような「インパクト」を与えるかです。具体案は、ここでは言及しませんが“市場・顧客”に驚きをもって迎えられるような「インパクト」を私たちが創造し提案できるかどうかにかかります。

第二は規格競争の項でも述べましたが、ハイレゾリューションはデジタル技術と伝送技術の進化から派生した“概念”若しくは“概念を支える技術”です。従って規格競争をするようなものではありません。ここでは如何に顧客を混乱に巻き込まないかが重要な視点と言えます。

第三は大きな“顧客満足”を得ることができるかどうかです。成熟した市場では最大公約数的な大多数の顧客満足を得ることは難しいと言えます。従ってセグメンテーションされた“顧客要求・顧客価値”に対して“最高の顧客満足”を提供することを考えざるを得ません。これが成功すれば最大公約数的な顧客満足につながる可能性は大いにあります。

### 4. 日本オーディオ協会の方針

詳細はここでは報告できませんが、少なくとも日本オーディオ協会は、「ハイレゾリューション」の台頭に際し、国内オーディオ市場活性化の重要なカギと認識し、今期の事業計画の中心に据えています。具体的な事業計画は総会議案を参照頂きますが、会員の皆様にご理解を頂きたいことは、如何なる場合においても、私たちが認識すべきことは「顧客価値」とは何か、全ては「顧客満足」のために事業も企業経営もあることを申し上げ、皆様の議論喚起をお願いいたします。

## AES ベルリン コンベンション報告

東京藝術大学

亀川 徹

### 1. はじめに

4月26日から29日の4日間にわたり、ドイツ・ベルリンの Estrel Hotel & Convention Center で第136回 AES コンベンションが開催された。AES のコンベンションは、春はヨーロッパ、秋はアメリカと年2回開催される。ここ数年ヨーロッパの開催は参加者が減少傾向であったが、10年ぶりにベルリンで開催された今回は、公式ホームページの発表によると1,259名参加者で、近年に無い大盛況であった。本稿では、コンベンションの概要の報告と、筆者が参加したヘッドホンに関するワークショップについて報告する。

### 2. コンベンションの概要

4日間のコンベンション開催期間中、様々なイベントがおこなわれた。以下にそれぞれの概要を紹介する。

#### 2-1. 基調講演、ハイザーメモリアルレクチャー

初日のオープニングセレモニーでおこなわれたキーノートスピーチでは、McGill 大学の Wieslaw Woszczyk 氏が、最近の再生技術を俯瞰しながら没入感に関しての講演がおこなわれた。またコンベンションの恒例行事として、初日の夕方におこなわれるハイザーメモリアルレクチャーでは、元オーストリアの科学アカデミーの Dietrich Schüller 氏が「Preserving Our Sound Recordings—25 Years since Everything Changed (我々の録音遺産の保存—すべてが変わったこの25年間)」というタイトルで、1989年に始まった音のアーカイブの取り組みを振り返りながら、過去の貴重な音の資料をデジタルデータとしてどのように残していくべきかという講演がおこなわれた。



図1 会場となった Estrel Hotel & Convention Center 外観



図2 会場入り口の風景

## 2-2. 技術発表

技術発表は、以下のようなテーマごとに合計 76 件の発表があった。

- 音の知覚
- 信号処理
- 建築音響
- トランスデューサー（スピーカー、マイクロホン）
- 信号処理
- ネットワークオーディオ
- ヒューマン・ファクター
- 空間音響
- オーディオ用アプリケーション
- 音響教育
- フォーレンシック（科学捜査のための音響）

初日の「音の知覚」のセッションでは、東京藝大の丸井淳史氏が「PCM と DSD による高音質録音の主観評価」について発表した。PCM 録音（192kHz/24bit）と DSD 録音（5.6MHz および 2.8MHz）を比較した主観評価実験の報告で、音源によって DSD と PCM に有意差が見られたという結果は、多くの参加者の関心を集めた。

上記の技術発表の他に、Engineering Brief と呼ばれる枠が設けられている。技術発表と比べてより速報的な発表や、進行中の研究等をポスターあるいは口頭で発表できる機会として、学生達の参加も多く、活発な議論がおこなわれていた。

## 2-3. ワークショップ

AES では、最先端のトピックについて、様々なパネラーがディスカッションするワークショップも充実している。今回は以下の 18 のテーマでワークショップがおこなわれた。

- W1: ウルトラハイビジョンのための挑戦と機会
- W2: 世界的な映画の音の制作者が自作を語る

- W3: サラウンド録音におけるアンビエント音の収録技術の実際
- W4: 3D サウンドにおける没入感のための制作手法
- W5: 未来の音楽のためのマスタリング
- W6: DSD vs DXD 高音質録音方式の解像度の比較
- W7: 映画の音響・劇場のラウドネスの標準
- W8: 現代のマスタリング事情
- W9: 意味的オーディオ
- W10: 没入感のあるオーディオフォーマット・制作ツールとワークフロー
- W11: オブジェクト・ベース・オーディオのためのアプリケーション
- W12: エンジニアとスタジオオーナーのためのマスタリングの極意
- W13: ヘッドホンのための音をどうやって作成するか？
- W14: マイクロホン神話を壊す
- W15: オーディオビジュアルアーカイブのためのラウドネス
- W16: ラウドネス戦争：ピークはチャンスを与える
- W17: AES67 オーディオネットワークングの概要
- W18: AES67 オーディオネットワークングの使用について

この中の W13 については、筆者がチェアを勤めたもので詳細は 3 章で後述する。

#### 2-4. チュートリアルセッション

それぞれのテーマについて、初心者向けだけでなく。その道の専門家にも有益なプログラムとして、以下のようなチュートリアルセッションがおこなわれた。

- ドラムキット：録音エンジニアは何を知っておくべきか
- フォーレンシック（科学捜査のための音響）とは？
- 部屋のチューニングについて一音楽リスニング用の小空間の音響分析
- Speech Transmission Index (STI) の測定
- 映像音響メディアのアーカイブにおける扱いと保存
- リニアパワーアンプ再考：ピコワットからキロワットへヘッドホンとスピーカー双方を駆動するための実用的なガイド
- 映画の音楽マスタークラス
- クラシック音楽のための 3D 録音手法
- LUFS がすべて（All You Need Is LUFS）（放送におけるラウドネスについて）
- デジタルオーディオにおけるディザーとノイズシェイピング：なぜ、どのように使うか？
- 放送における言葉の了解性
- デジタルマイクを用いたベートーベンの第九の 3D 録音
- スピーカーと部屋の調整のためのイコライザー・フィルターのデザイン
- マイクロホンの基礎
- アーカイブにおけるメタデータ：ヒッチコックの「鳥」の作曲家 Oskar Sala の記録テープ保存の試み

- オーディオエンジニアがネットワークについて知っておくべき事
- Matlab を用いたオブジェクトオーディオ DSP の教育用サンプル
- ヘッドホンの音の知覚と測定：ヘッドホンの音の改善にリスナーは賛同するのか？

上記の他に「Project Studio Expo」という枠で、マイクロホンやリバーブなどスタジオで必要な機器についての解説や、ミキシングにおけるレベル管理など、実際に役立つセッションも多く開催された。

## 2-5 機器展示

ここ数年ヨーロッパ開催の AES では、機器展示がかなり縮小傾向にあったが、今回は 29 社の出展があり、盛況であった。特に地元の旧東ドイツ系のマイクロホンメーカーや測定器メーカーなどの出展が多く目を引いた。

## 2-6. テクニカルツアー

ベルリン市内にある音響関係の施設見学として以下のツアーがおこなわれた。

- ベルリンオルガン工房
- フランホッファー「TimeLab」
- ベルリンフィルハーモニックホール
- ベルリン工科大学の WFS 施設
- Teldex スタジオ
- Babelsberg フィルムスタジオ
- Stage Tec
- BMW バイク工場
- Media Broadcast (デジタル放送の施設), TV Tower
- EVE オーディオ

人気のツアーチケットは初日に配布が始まると同時にほとんど売り切れた。上記の中で、筆者はベルリン工科大学のツアーに参加した。講堂の壁全体に設置された全長 86m の WFS (Wave Field Synthesis) 再生システムは、高域から低域まで 3 種類のユニットを組み合わせたシステムで、合計 2700 個のスピーカーを 830 チャンネル独立して制御できる。教会でのオルガンの録音や現代音楽などの試聴と、実際に音を動かすツールの操作を体験できた。

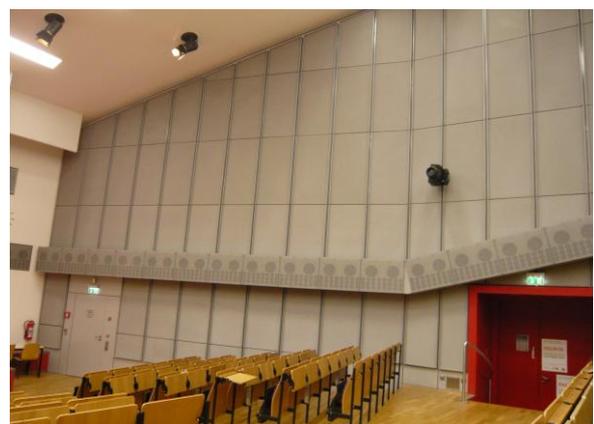


図 3 ベルリン工科大学講堂の WFS スピーカー

## 2-7. 学生イベント

AES では世界各地の大学を中心に学生支部が設けられ、この AES コンベンションは年 2 回、世界の学生達が集まる交流の場として定着している。中でもクラシックやジャズ、ポップス、

映像のサウンドデザインなど4つの部門に分かれておこなわれる「レコーディング・コンペティション」は、学生達の質の高い作品と、それらを審査する一流のエンジニアやディレクターのコメントが聞ける場として、毎回大勢の参加者が集まる。今回も地元ドイツ・デトモルト音大やウィーン音大などの学生が優秀作品に選ばれている。日本からはここ何年か入賞している東京藝大から今回も2名の学生が参加したが、今回は残念ながら最終ノミネートには残らなかったら、是非次回以降に期待したい。

学生イベントは他にも、各大学の紹介ブースや、学生対象のパーティー、またそういった学生の活動を支える教員達の取り組みを紹介するフォーラム等、非常に充実した内容であった。



図4 熱気あふれる学生イベントの様子

#### 2-8. その他のイベント

実際に音を体験できることもAESのイベントの特徴のひとつである。今回会場内に用意されたデモルームでは、WFSを使ってベルリン芸術大学の学生が作曲した音楽のデモや、AURO3Dによる9チャンネル再生のデモなど、空間音響のデモもおこなわれた。

また、会場以外でも、AESコンベンション恒例であるオルガンコンサートが、ベルリン市内のSt. Matthias教会でおこなわれた。今回は音響心理の専門家である英国Surry大学のFrancis Rumsey氏がブクステフーデ、バッハなどのオルガン曲を披露した。

その他にも学生の交流パーティー、バンケットなどのイベントもあり、充実した4日間であった。

#### 3. ワークショップ13の報告～How Do We Make the Sound for Headphones?

今回のコンベンションでは、「ヘッドホンのための音をどうやって作成するか?」というタイトルでワークショップを開催した。パネラーは、Ville Pulkki氏(Aalto University)、Sean Olive氏(Harman International)、Martin Walsh氏(DTS Inc.)、Bob Schuelein氏(ImmersAV)の4名。

まず司会の筆者から、ヘッドホンとスピーカー聴取の違いについて、昨年10月に行われた「オーディオ・ホームシアター展」でのセミナーでも報告した定位と広がり感の違いについての実験の概要を発表した。続いてPulkki氏からは、聴覚心理の知見から、ITD(両耳間時間差)やILD(両耳間レベル差)による定位のメカニズムや、頭部の回転運動の効果、耳たぶの形状から顔、体の影響など、両耳で聴く場合の様々な現象についての解説がおこなわれた。Olive氏は、ヘッドホンとスピーカー聴取における音色の嗜好について、一般人と専門家を対象におこなった膨大な実験から、ヘッドホンの特性をどのように調整するかなどといった報告があった。

Walsh氏は、高さ方向も含む11.1チャンネルサラウンドのコンテンツをヘッドホンに変換するHeadphone Xの紹介をおこなった。そして最後にSchulein氏は、彼が長年取り組んでいるダミーヘッドを用いたバイノーラル録音と、それらをスピーカーで再生するためのトランスオーラル技術についての説明があった。

50名程度収容できる会場はほぼ一杯となり、参加者からも実際のバイノーラル録音に関する質問や、ヘッドホンの互換性についての質問など、活発な意見交換がなされた。

今回、実際のヘッドホン再生をワークショップ会場でおこなう事ができなかったため、ワークショップ終了後の翌日にWalsh氏とSchulein氏、そして私のデモ音源を聞いてもらえるデモストレーションルームを用意した。急な開催だったにも関わらず、ワークショップに参加してくれた中から多くの方が聞きに来てくれた。

ヘッドホン聴取が主流になっている中で、ヘッドホンとスピーカーとでは聞こえ方が異なるという事をふまえて、ヘッドホン聴取に合わせたコンテンツを制作者側で作っていくのか、あるいは従来のスピーカー聴取用に作られたコンテンツを再生側でヘッドホンに最適化して変換するのか。今後さらに解決に向けた取り組みや研究がおこなう必要がある。

#### 4. まとめ

オーディオ業界が縮小傾向にあると言われて、もう10年以上経過したように思う。世界的にもその傾向は見られ、ここ数年AESでも出展する企業や参加者の減少が問題となっている。しかし今回のコンベンションでは、10年前と同様とまではいかないが、随分活気を取り戻したように感じた。特に学生イベントの活動に見られるように、多くの学生達の参加がその一翼を担っているようである。従来のオーディオだけでなく、スマートフォンやタブレット端末などといった若者達の関心の高いデバイスにおいても音の果たす役割は重要であり、そういった身近な関心から、さらに新しい発想が生まれる事であろう。WFSやマルチチャンネルステレオなどの最先端の空間音響再現の技術から、過去の録音遺産のアーカイブ化まで、オーディオが果たす役割はまだまだ尽きない。AESが学生をはじめとする若いエンジニア達とベテランの専門家との交流の場となり、さらに新しい技術の誕生につながっていくことを期待したい。

#### 筆者プロフィール



亀川 徹 (かめかわ とおる)

1983年九州芸術工科大学音響設計学科卒業後、日本放送協会（NHK）に入局。番組制作業務（音声）に従事し、N響コンサートなどの音楽番組を担当するとともに、ハイビジョンの5.1サラウンドなど新しい録音制作手法の研究に携わる。2002年10月、東京芸術大学音楽学部就任。音楽環境創造科と大学院音楽文化専攻音楽音響創造で音響、録音技術について研究指導をおこなう。AES本部役員（国際地域担当）、日本音響学会理事、日本音楽知覚認知学会、日本オーディオ協会、日本音楽スタジオ協会会員。

特集:マイクロホン

## マイクロホンの基礎

日本オーディオ協会 理事  
穴澤 健明

はじめに・・・

JAS ジャーナル 5月号にはマイクロホン特集が掲載されている。特集に入る前にマイクロホンの種類と指向性に関する専門用語について簡単な解説を以下に記載する。

### 1. マイクロホンの種類

代表的なマイクロホンを以下に列記する。

- カーボンマイクロホン；放送が始まった 1920 年代に導入された、炭素粉の接触抵抗の変化を検出するマイクロホンである。炭素粉の容器に大理石を使ったライツマイクロホンや NHK 技術研究所の丸毛氏、星氏が開発した MH マイクロホンが良く知られている。
- リボンマイクロホン；1933 年にドイツのシーメンス・ハルスケ社が導入したアルミ箔などの薄い可動金属媒体を磁極の間隙に置くマイクロホンである。終戦の詔勅の放送（玉音放送）に使われた東京電気（現東芝）製 A 型マイクロホン、美空ひばりの録音でよく使われた米 RCA 社の 77DX 型マイクロホンなどが有名。
- ムービングコイル型（可動線輪型）マイクロホン；永久磁石とダイヤフラムと呼ばれる可動コイルを組み合わせたマイクロホンである。ダイナミックスピーカと同じ構造を持つためダイナミック型とも呼ばれ、比較的構造が簡単で使いやすく安価なことから広く使われている。
- コンデンサマイクロホン；直流を付加した 2 枚の金属膜の間に生じる静電容量の変化を検出するマイクロホンである。第 2 次大戦後に普及したマイクロホンであり、ドイツテレフンケン社の M49 型やソニー社の C-37A 型等が良く知られている。
- エレクトレットマイクロホン；コンデンサ型が外部から直流を付加するのに対してエレクトレット現象と呼ばれる電荷の蓄積された薄膜を用いるマイクロホンであり、家庭用録音機器で広く使われている。

この他に圧電効果を持つ圧電素子にかかる圧力の変化を検出する圧電型マイクロホン、レーザー光によって板等に生じた振動を捉えるレーザー型マイクロホン、プラズマを発生させ音響信号によるプラズマの変化を検出するイオンマイクロホン、ハイドロホンとも呼ばれる水中マイクロホン等がある。

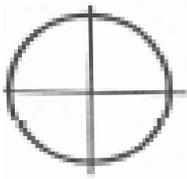
本特集では、リボン型マイクロホンとコンデンサ型マイクロホンに関する記事が掲載されている。

2. マイクロホンの指向性

どの方向の音をどれだけ集音するかをマイクロホンの指向性と言う。マイクロホン単体では後方をふさいだ無指向性と後方を開放した双指向性（8の字特性とも呼ばれる）の2種の代表的な指向性がある。この2種の指向特性を組み合わせることにより図に見られるよう単一指向性（カーディオイドとも呼ばれる）、スーパーカーディオイド、ハイパーカーディオイド等の中間の特性が得られる。その合成式、ランダム入射時のエネルギー効率、指向軸方向で得られる指向性の等価的な効果を示す距離ファクターについても図を参照されたい。以上の指向性の他に、より指向性を絞ったガンマイクロホンとも呼ばれる超指向性マイクロホンが存在する。

本特集ではこの中のスーパーカーディオイドマイクロホンの背面特性の改善を扱った記事と複数の無指向性マイクロホンと遮蔽板を組み合わせた球形マイクロホンに関する記事が掲載されている。

指向性パターンと距離ファクター

指向性名	無指向性	カーディオイド (単一指向性)	スーパー カーディオイド	ハイパー カーディオイド	双指向性
指向性 パターン					
合成式	1	$.5 + .5\cos \theta$	$.375 + .625\cos \theta$	$.25 + .75\cos \theta$	$\cos \theta$
ランダム 入射時 エネルギー 効率	1 (0 dB)	0.333 (-4.8 dB)	0.268 (-5.7 dB)	0.250 (-6.0 dB)	0.333 (-4.8 dB)
距離 ファクター	1	1.7	1.9	2	1.7

## 特集:マイクロホン

## リボンマイクロホンの開発

(株)オーディオテクニカ

技術部 研究開発室 秋野 裕 技術部 3課 鈴木 進吾

## 1. はじめに

かつて性能と音質の良いマイクロホンの多くはリボンマイクロホンでした<sup>[1, 2]</sup>。しかし、小型で高性能のコンデンサマイクロホンやダイナミックマイクロホンが国内外で開発され<sup>[3, 4]</sup>、そして多くの堅牢で優れた性能のマイクロホンが実用化されるとリボンマイクロホンはやがて姿を消していきました。当時のリボンマイクロホンは比較的大型であり、衝撃や風によってアルミニウム箔でできた振動板が変形して故障してしまうことから、取り扱いには慎重である必要がありました。このため、小型で高性能なコンデンサマイクロホンや堅牢で電源の不要なダイナミックマイクロホンが多く用いられるようになっていったと考えられます。

しかし、時がたって優れたマイクロホンが数多くあるにもかかわらず海外のマイクロホンメーカーが新たに開発したリボンマイクロホンを商品化し、復刻版モデルや中国のメーカーの入手しやすい価格のモデルが発売されるなど、市場のニーズが高まり再びリボンマイクロホンが求められるようになってきたのです。そして「ぜひ(株)オーディオテクニカでも商品化を！」ということになったのでした。

ここでは、オーディオテクニカにおけるリボンマイクロホンの開発の状況をご紹介します。

## 1. 開発を始めるにあたって

オーディオテクニカのマイクロホンの歴史は約35年と他社に比べるときわめて後発です。このため、先行する他社と同じようなモデルを設計すると模倣の様なことになってしまいがちでした。このため、これまでに商品化したユニポイントシリーズ、AT40シリーズ等を含むほとんどのモデルでは独自に設計したマイクロホンユニットとこれを作製する独自の製造技術を用いました。同様に、新しく開発するリボンマイクロホンも他社とは異なる独自性が必要でした。もちろん、リボンマイクロホンにトライするのはオーディオテクニカにとっても初めてのことでした。

これまでのリボンマイクロホンの欠点であった大型であること、衝撃や風に弱いことを少しでも改善する必要がありました。そして、故障せず修理や取扱いが容易であることも求められました。これらのニーズは小型で堅牢なコンデンサマイクロホンやダイナミックマイクロホンの取り扱いに慣れてしまった若いユーザーにリボンマイクロホンを使っていただくためには特に重要なことでした。

開発を始めるにあたってリボンマイクロホンを良く知る必要があります。このため、新旧10数機種のリボンマイクロホンを調べました。それぞれ名器に違わぬ音質と性能です。しかし、いくつかのマイクロホンは出カインピーダンスが高くなってしまっていることも確認されました。このように、過去に製造されたマイクロホンを調べることによってマイクロホンの経年劣化を知ることができました。使用している材料は当時と現在のものは大きく異なります。このため、新た

に開発するリボンマイクロホンを長く使用していただくために劣化の少ない材料と加工方法を盛り込む必要がありました。そして、開発を始めるにあたって以下の事柄に留意しました。

- これまでのリボンマイクロホンの良いところを継承する。
- 材料、部品と加工方法などに現在の技術を盛り込む。
- 作り易く、故障しにくく、故障しても修理が容易なこと。

## 2. 開発開始から

最初に開発に多くの時間がかかるであろうと思われた振動板に取り組みました。振動板材料は比重と導電率の関係からアルミニウムである必要があります。出力レベルを高くするためにプリントコイルも検討しましたが、発電に寄与する導体以外の質量は感度を低下させます。このため、プリントコイルではなく  $2\mu\text{m}$  のアルミニウム箔を用いることにしました。アルミニウム箔は装飾などに用いられる金箔を作っている会社をお願いして作製していただきました。圧延方法は金箔と同様の工程とのことでした。

当初、リボンはガラス板の上で平歯車 2 つを用いて波状に成形していましたが、短冊状のアルミニウム箔は思ったような形になってくれません（うねったり曲がったり途中で切れてしまったり）。半日かかってやっと数本のリボンを成形することができました。これを磁極の中に入れて両端を固定する工程では固定金具をねじで締めつけるのですが、最後の一締めでせっかく作ったりリボンが変形してしまい、1日かけてユニットを作製しても測定できるマイクロホンは1本程度でした。やっと測定までたどり着いても先人達のようなリボンマイクロホンらしい周波数応答がうまく得られませんでした。そこで、リボンを効率良く作製する方法に取り組みました。アルミニウム箔は薄いので一度に成形すると破れてしまいます。また平歯車を用いると波型に成形するときにアルミニウム箔が左右にスリップしてリボンが曲がってしまうことを見つけました。このため、大きな凹凸に直交する小さな凹凸を組み合わせた成形型をつくり、この上に短冊状のアルミニウム箔を置いてベルベット布の繊維の先端で少しずつ押し出すようにリボンを成形できました<sup>[5, 6]</sup> (図 1)。次に、リボンの両端を固定する方法に取り組みました。リボンには適切な張力を加えて両端を固定し、両端を昇圧トランスに電氣的に接続する必要があります。磁極にリボンを固定する方法では故障しても工場での修理する必要があります。リボンの張力を保った状態で両端の電氣的接続と磁極との着脱を容易にするためにプリント基板にリボンを固定する方法を用いました<sup>[7]</sup> (図 2)。そして、プリント基板のランドに昇圧トランス 1 次側をハンダ付けします。

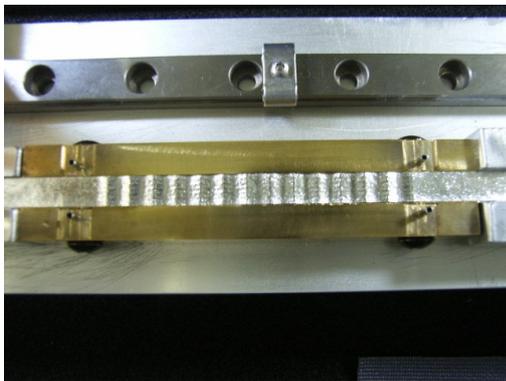


図 1 リボンの成形状態

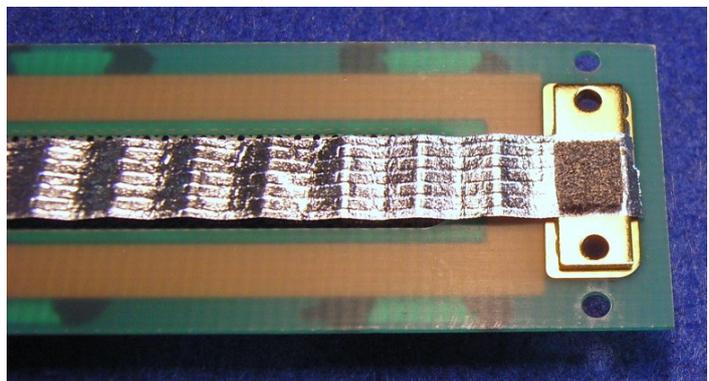


図 2 リボンの取付け状態

リボンが安定して作製できるようになったため、開発スピードが急速に上がりました。PCBに固定したリボンを磁極の両側に取り付けることにしました。無響室で測定してみると、前後のリボンが同時に動くことを確認することができました。加えて、リボンが磁極の両端にあることから磁極のくぼみによる高域の周波数応答の劣化を防ぐことができ、前後のリボンを電氣的に直列に接続すると出力レベルを2倍にすることができたのです<sup>[8]</sup>。

双指向性リボンマイクロホンは前後の音の取り入れ口（音響端子）に加わる音圧差で振動板が駆動されます。音圧に対する感度を高めるためには音響端子間距離を長くする必要があります。しかし、音響端子間距離が長過ぎると高い周波数で駆動力がなくなってしまいます。このためAT40シリーズで用いた穴のあるバツフルを用いることにしました。しかし、AT4081は直径をφ21mmにする必要があったため穴のあるバツフルを用いることはできませんでした。

マグネットはかつて鑄造磁石がほとんどでしたが、今ではネオジウム磁石の入手が容易です。ネオジウム磁石を用いると磁気回路の設計に多くの注意を払わなくても比較的容易に高い磁束密度が得られます。このことからマイクロホンを小型軽量に設計できる見通しがつきました。図3と図4はそれぞれAT4080とAT4081の磁気回路です。



図3 AT4080の磁気回路

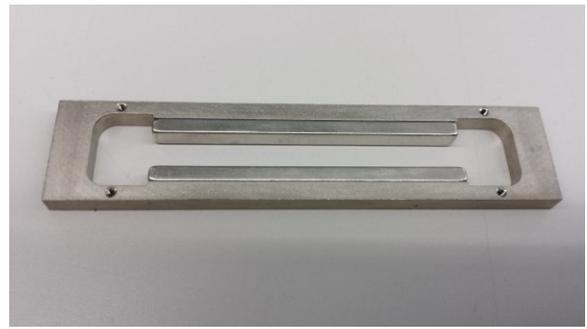


図4 AT4081の磁気回路

双指向性リボンマイクロホンは質量制御であることから收音帯域の下限に振動板の共振周波数があることに加え近接効果（マイクロホンに音源が近づくとも音波の周波数が低いほど応答が高くなる）があることから、実際の使用状況では低域の周波数応答が過度に上昇してしまいます。振動板の張力を上げる方法もあるのですが、リボンマイクロホンらしい豊かな低音が損なわれてしまいます。このため、振動板の共振周波数は低い状態で低域の周波数応答を調整する方法を検討しました。これまでパーマロイを用いたマイクロホントランスが多く使われてきたのですが、信号用に使用できるフェライトコアが入手できるようになってきました。低域の周波数応答が低い周波数に向かって緩やかに低下する昇圧トランスを作製することができたので、これを用いることにしました。

指向周波数応答を整えるために前後の音響端子にリフレクタを取り付けました。リフレクタには開口を設けここに音響抵抗を貼り付けました。これを用いることによってリボンの低域共振周波数帯域を制動し、10kHz以上の周波数応答を改善しました<sup>[9]</sup>。

ここまでの試作検討でリボンマイクロホンのユニットの基礎部分を作り上げました。しかし、まだバラックの試作品です。ここからの製品化がメーカーの実力が問われるところです。

### 3. 製品化について

客先の要望から、スタンド型(AT4080)とスティック型(AT4081)の2モデルを進めることになりました。ケースのデザインは主要販売先の米国のエンジニアと一緒に決めました。「マイクロホンの出力レベルはコンデンサマイクロホンと同じぐらいほしい」という要望がフィールドテスト先からあったため昇圧比が1:80の昇圧トランスを用い、出力回路はAT40シリーズで用いたエミッタフォロワをファントム電源で動作させることとしました。

リボンと昇圧トランスの1次側に接続する部分の抵抗が高くなると抵抗雑音が発生します。このためリボンの端部には特に環境安定性を高める工夫をしました<sup>[10, 11]</sup>。このことによって現在のマイクロホンに適用される品質基準をクリアしました<sup>[12]</sup>。もちろん落下衝撃にも耐えられます。

リボンの成形は製品化において一番大変でした。この工程では製造担当者にも協力してもらい、多くの知恵をいただいてやっと乗り切ったのが実情でした。やはり、電気音響変換機の要は振動板でした。図5は内部の構造、図6は完成したマイクロホンです。

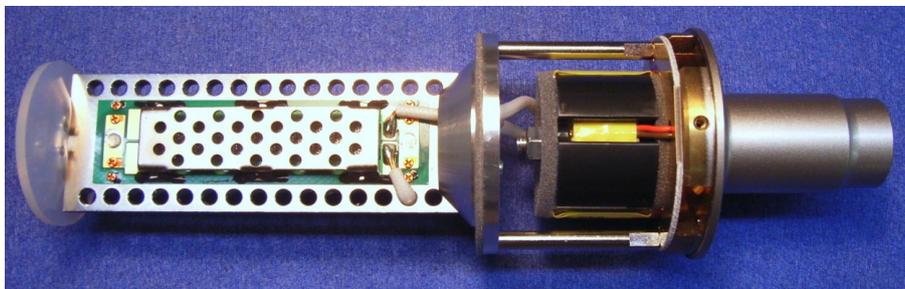


図5(a) AT4080の内部構造

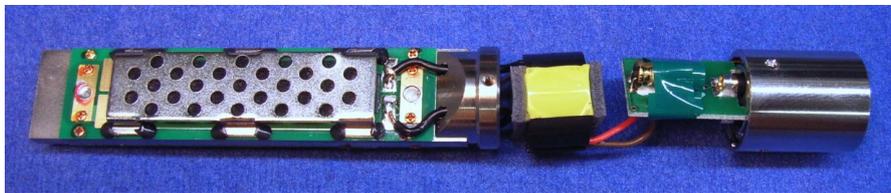


図5(b) AT4081の内部構造



図6 完成したマイクロホン(AT4081とAT4080)

#### 4. おわりに

オーディオテクニカにおけるリボンマイクロホンの開発の様子をご紹介してきました。商品化してから5年を経過し、AT4080、AT4081ともに順調に出荷実績を伸ばしております。これまでに大きな市場クレームは無かったのですが、今でも「問題が発生したらどう対策してゆこうか?」、「これから先に作るモデルはどのようにしたら良いのだろうか?」など今でもあれこれ考えてしまいます。バラックの試作品だったリボンマイクロホンは社内外の多くの人たちに育てられて製品になってゆきました。お世話になった多くの皆さんに感謝いたします。

#### 文献等

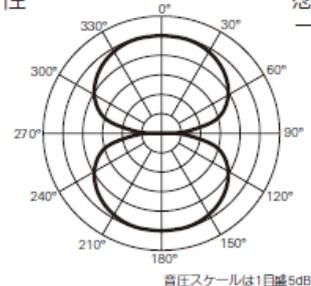
- [1] H. F. Olson : 西巻訳 “音響工学” 近代科学社 (1959)
- [2] 中村 : “放送技術者のためのマイクロホン講座” 放送技術 日本放送協会 (昭和 57 年 12)
- [3] “マイクロホンハンドブック” 日本放送協会編 (1973)
- [4] Chris Woolf : “Microphone Data Book” Human-Computer Interface Limited (2001)
- [5] 秋野 特許第 4627019 号リボン型マイクロホン用リボンの製造方法および製造装置
- [6] 秋野 特許第 5015027 号リボン型マイクロホン用リボン、その製造方法およびリボン型マイクロホン
- [7] 秋野 特許第 5038097 号リボン型マイクロホンおよびリボン型マイクロホンユニット
- [8] 秋野 特許第 4974690 号リボンマイクロホンユニット、及びリボンマイクロホン
- [9] 秋野 特許第 5103216 号リボン型マイクロホンユニットおよびリボン型マイクロホン
- [10] 秋野 特許第 4931510 号リボン型マイクロホン
- [11] 秋野 特許第 5006221 号リボン型マイクロホンユニット、その製造方法およびリボン型マイクロホン
- [12] JEITA RC-8160B “マイクロホン” (2012)

【参考：商品テクニカルデータ】

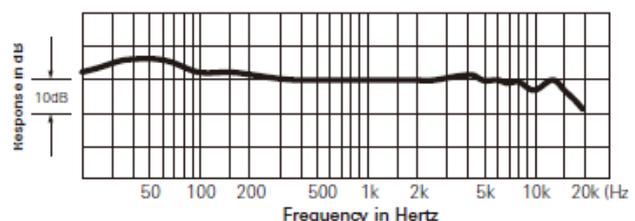
※ AT4080

型式	リボン型
指向特性	双指向性
周波数特性	20~18,000Hz
感度(0dB=1V/1Pa 1kHz)	-39dB
最大入力音圧レベル (1kHz THD1%)	150dB S.P.L.
SN比(1kHz 1Pa)	72dB
出力インピーダンス	100Ω平衡
電源	ファントΔDC48V
消費電流	3.0mA
仕上げ	シルバーサテン焼付塗装
質量	474g

指向特性 感度 -39dB

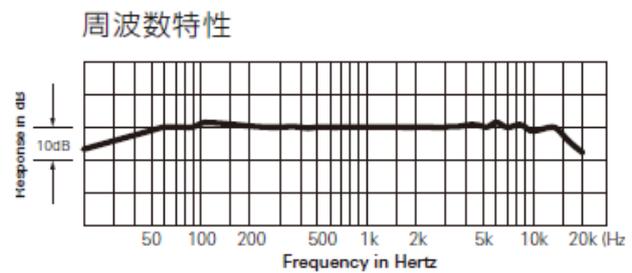
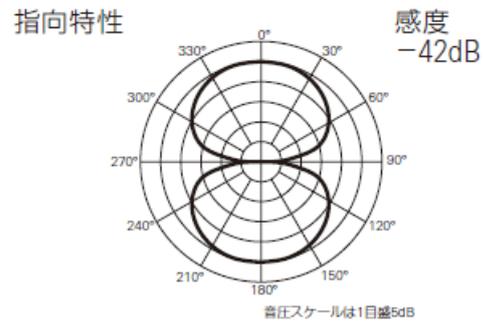


周波数特性



※ AT4081

型式	リボン型
指向特性	双指向性
周波数特性	30~18,000Hz
感度(0dB=1V/1Pa 1kHz)	-42dB
最大入力音圧レベル (1kHz THD1%)	150dB S.P.L.
SN比(1kHz、1Pa)	69dB以上
出力インピーダンス	100Ω平衡
電源	ファントムDC48V
消費電流	3.0mA
仕上げ	シルバーサテン焼付塗装
質量	152g



筆者略歴

秋野 裕 (あきの ひろし)



神奈川工科大学 大学院博士後期課程修了 博士(工学)  
 (株) オーディオテクニカ 技術部 研究開発室  
 マイクロホンの設計開発、イオンマイクロホンの研究。  
 電気学会、日本音響学会、静電気学会、放電学会、AES 会員

鈴木 進吾 (すずき しんご)



明治大学 理工学部 物理学科 卒業  
 (株) オーディオテクニカ 技術部 3課  
 マイクロホンの設計開発、製造技術を担当

# 音響遮蔽板を利用した マルチチャンネルワンポイント球形マイクロホン

NHK エンジニアリングシステム

小野 一穂

NHK 放送技術研究所

西口 敏行 松井 健太郎

## 1. はじめに

NHK は HDTV の 16 倍の画素数をもつ  $7680 \times 4320$  の 8K 映像と 22.2 マルチチャンネル音響（以下、22.2ch 音響）によるスーパーハイビジョンの研究を行っており、2016 年に試験放送、2020 年に本放送を開始する予定である。22.2ch 音響は、要求条件として、①視聴者を取り囲む全方位から音が聞こえる、②その場にいるような音による包み込まれ感がある、③スクリーン上の映像の方向に音像が定位する、等を満たす方式として開発された（図 1）。特に、音による包み込まれ感が得られる最小のスピーカ間隔が、水平面内、垂直面内ともに約 45 度であることに基づき、これを上半球で実現するために、中層では、45 度間隔に 8ch を配置し、さらに前方の定位を向上させるために前方右、前方左と前方中央の間にそれぞれチャンネルを追加し、合計 10ch とした。上層では、前記の中層 8ch の真上に 8ch と聴取位置中心の真上に 1ch の計 9ch のチャンネルを配置した。加えて下層には前方の音像定位を向上させるために、前方に 3ch のチャンネルを配置した。以上により合計 22ch を配置し、これに低域用の 2ch を加えて 22.2ch を構成した。

22.2ch の音響の研究開発では簡易な收音法であるワンポイント收音マイクロホンの開発を行っている。22.2ch 音響は、音の方向とチャンネルが 1 対 1 に対応する、いわゆるマルチチャンネル音響と呼ばれる方式であるため、ワンポイントで收音するには、原音場内の 1 か所に指向性マイクロホン素子を各チャンネルの方向に向けて配置し、さらに各指向性ビームの幅が 22.2ch 音響の 1ch 分に対応するマイクロホンが望ましい。そこで、指向性ビームの十分な狭さと、周波数の変化に対するビーム幅の安定性の両立をめざし、球を音響遮蔽板により立体角に仕切り、仕切られた各空間内にマイクロホン素子を設置して指向性を得る方式の、ワンポイントマイクロホン（以下、球形マイクロホン）を開発した。

本稿では、球形マイクロホンの構造、指向特性の測定結果について述べ、さらに、指向性を改善するための信号処理法について述べる。

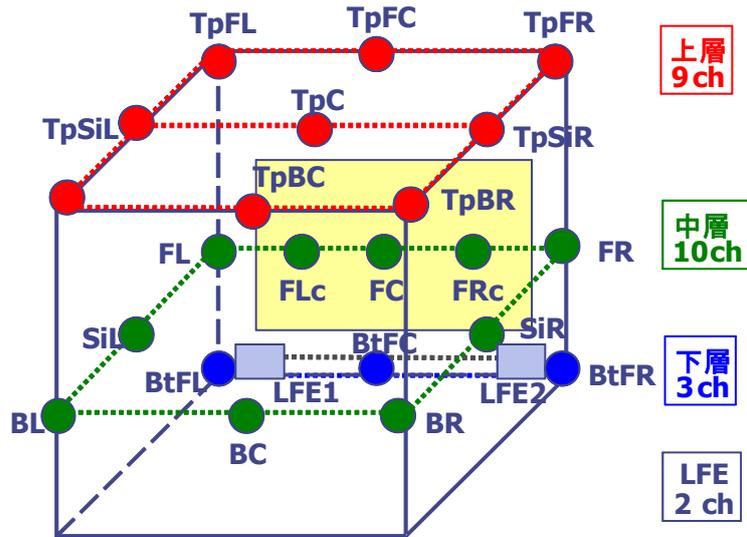


図1 22.2 マルチチャンネル音響

## 2. 球形マイクロホンの概要

### 2.1. 形状

開発した直径 45 cm の球形マイクロホンを図2に示す。本マイクロホンでは、22.2ch 音響の背景音等の收音を目的とし、中層の FLc と FRc を除く 8 チャンネルと上層の TpC を除く 8 チャンネルの音を收音することとした。これより水平方向の分割数を 8 とし、目標とする水平面内の指向性のビーム幅を図3の通りとした。また、上下方向は上層、中層、下層の 3 層に分割し、そのうちの上層と中層を使用した。以上より左右方向の開き角は 45 度、上下方向は 60 度とした。

遮蔽板で仕切られた空間の中には任意の指向性のマイクロホン素子を取り付け可能である。検討の結果、低域において振幅特性のロールオフが生じない、遮蔽板の効果のみで一定の指向性が得られる、の 2 つの理由により、全指向性の素子を用いることとした。以下の測定では周波数特性の平坦な全指向性マイクロホン素子（ゼンハイザ製 MKH-8020）を使用した。



図2 音響遮蔽板を用いた球形マイクロホン

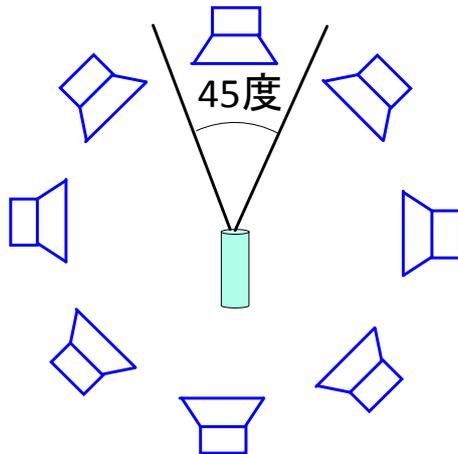


図3 目標とする指向特性のビーム幅

### 2.2. 指向特性の測定

指向特性の測定を NHK 技研無響室で行った。球形マイクロホンを回転台に載せ、スピーカ (Genelec 製 2029B) から LogTSP 信号を再生し、各マイクロホンのインパルス応答を測定した。スピーカの応答も計測用マイクロホンを用いて測定し、球形マイクロホンの周波数特性を求めると同時に、周波数ごとの指向特性を算出した。測定は1度刻みで360度回転させて行った。スピーカからマイクロホンの中心までの距離は1.2mとした。

### 2.3. 測定結果

中層の1チャンネル分の水平面内指向特性を図4に示す。図より、4kHz以下の周波数帯域では周波数が低いほどビーム幅が広がる傾向にあり、500Hzではほぼ全指向性となる一方、6kHz以上16kHzまでの多くの周波数においてビームの半値幅が約50度となり、周波数の上昇に伴いビーム幅が狭まらなかった。なお、半値幅の50度は、水平方向を8分割した45度と近く、22.2ch音響のチャンネル配置に適合しているといえる。

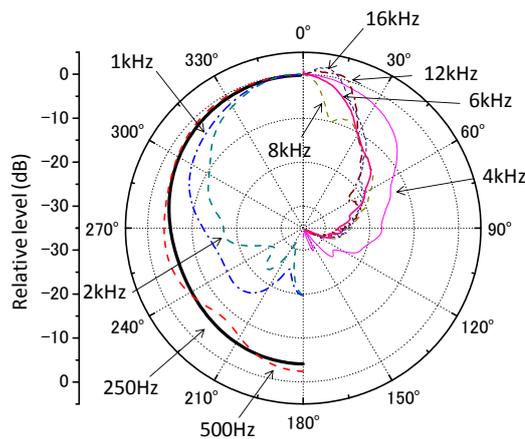


図4 球形マイクロホンの指向特性 (水平面内1ch分)

### 3. 球形マイクロホンの活用例

本マイクロホンは、スポーツ番組を中心に、スーパーハイビジョン音響の收音に用いられてい

る。特に、マイクロホンの設置可能な場所が限定される五輪などで広く使われている。特にロンドン五輪では、開会式、水泳、自転車など、収録を行った競技の多くで使用され好評を得た他、ソチ五輪でも使用された(図5)。



図5 ソチ五輪での使用風景

#### 4. 低域での指向性改善法の検討

これまでに述べたとおり、本球形マイクロホンは6kHz以上の高域ではビーム幅がほぼ一定となるが、4kHz以下では周波数の下降に伴い全指向性に近づく傾向にある。これは、周波数が低くなるにつれ遮蔽板の効果だけでは十分な指向性が得られないことを意味する。そこで、6kHz以下の周波数を対象として、複数のマイクロホン素子出力の合成による指向性改善法について検討を行った。

今回適用した指向性改善のブロック図を図6に示す。図中、各方向の音源信号を  $\mathbf{x}=(x_1, x_2, \dots)^T$ 、各マイクロホン素子の出力を  $\mathbf{s}=(s_1, s_2, \dots)^T$ 、音源  $\mathbf{x}$  からマイクロホン素子出力  $\mathbf{s}$  への伝達関数行列を  $\mathbf{C}=(c_{ij})$ 、マイクロホン素子出力  $\mathbf{s}$  を入力とし出力を  $\mathbf{y}=(y_1, y_2, \dots)^T$  とする逆フィルタの伝達関数行列を  $\mathbf{H}=(h_{jk})$  とする。指向性の改善は、出力  $\mathbf{y}$  が  $\mathbf{x}$  の重み付き線形和、すなわち、

$$y_i = \sum_j r_{ij} x_j$$

となるように、フィルタの伝達関数行列を求めることにより行う。ここで、 $\mathbf{r}_i=(r_{i1}, r_{i2}, \dots)$  は各出力

$y_i$ の指向性を規定する重みベクトルであり、重みベクトルにより構成される重み行列を  $\mathbf{R}=(r_{jk})$  とする。ここで、

$$\mathbf{y} = \mathbf{H}\mathbf{s} = \mathbf{H}\mathbf{C}\mathbf{x}$$

として表されるため、これを目標とする指向性となる  $\mathbf{R}\mathbf{x}$  と等しいとおく、すなわち、

$\mathbf{R}\mathbf{x} = \mathbf{H}\mathbf{C}\mathbf{x}$  を満たすように指向性改善逆フィルタ  $\mathbf{H}$  を定めればよい。

まず、指向性を規定する方向数がマイクロホン数と同じ場合の検討を行った。この場合、行列  $\mathbf{H}$ ,  $\mathbf{C}$ ,  $\mathbf{R}$  は正方行列となり、特に  $\mathbf{R}$  を単位行列とすると音源分離問題となるが、目標とする方向とそれ以外の方向で抑圧量が大きく異なり、指向性に大きなピークとディップを生じた。そこで、指向性を規定する方向数を増やして指向性を平滑化した。

検討の結果、マイクロホン数が8の場合、音源方向数をある程度増やすことで指向性のピークとディップを減らす一方、音源方向数を増やしすぎると指向性そのものが劣化することがわかった。方向数24程度であれば、指向性の大きな劣化がなく、かつ指向性のピークやディップを抑える効果が確認できた。よって本検討では以後、音源方向数を24として計算を行うこととした。このとき、音源方向数がマイクロホン数よりも多く優決定問題となるため、フィルタの伝達関数行列は一般化逆行列を解くことにより求めた。

また、不安定性を避けるため、 $\mathbf{H}$  は  $\mathbf{C}$  の逆行列として解かず、正則化法もしくは特異値分解により緩和[3]を行った。また、 $\mathbf{C}$  は無響室内で実測したインパルス応答を用いた。

計算結果を図7に示す。図に示す通り、低い周波数帯域では指向性改善処理によるサイドローブの抑圧効果が得られる傾向があり、約1.5 Hz以下の周波数帯域では、サイドローブの抑圧効果が明確であった。また、正則化と特異値分解に大きな違いは見られなかった。

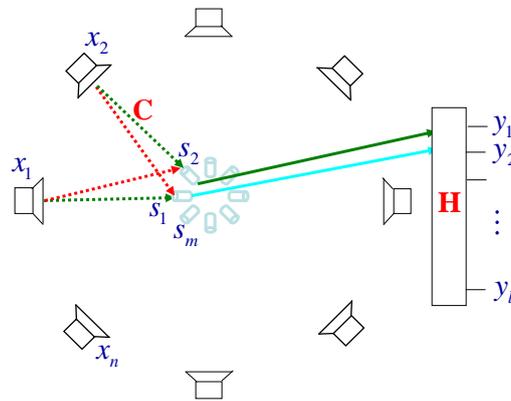


図6 逆フィルタ処理による指向性改善

$(\mathbf{x}=(x_1, x_2 \dots)^T$  : 各方向からの信号、 $\mathbf{s}=(s_1, s_2 \dots)^T$  : 各マイク素子の出力、  
 $\mathbf{C}=(c_{ij})$  : 方向  $i$  からマイク素子  $j$  への伝達関数行列、 $\mathbf{H}=(h_{jk})$  : 逆フィルタ行列)

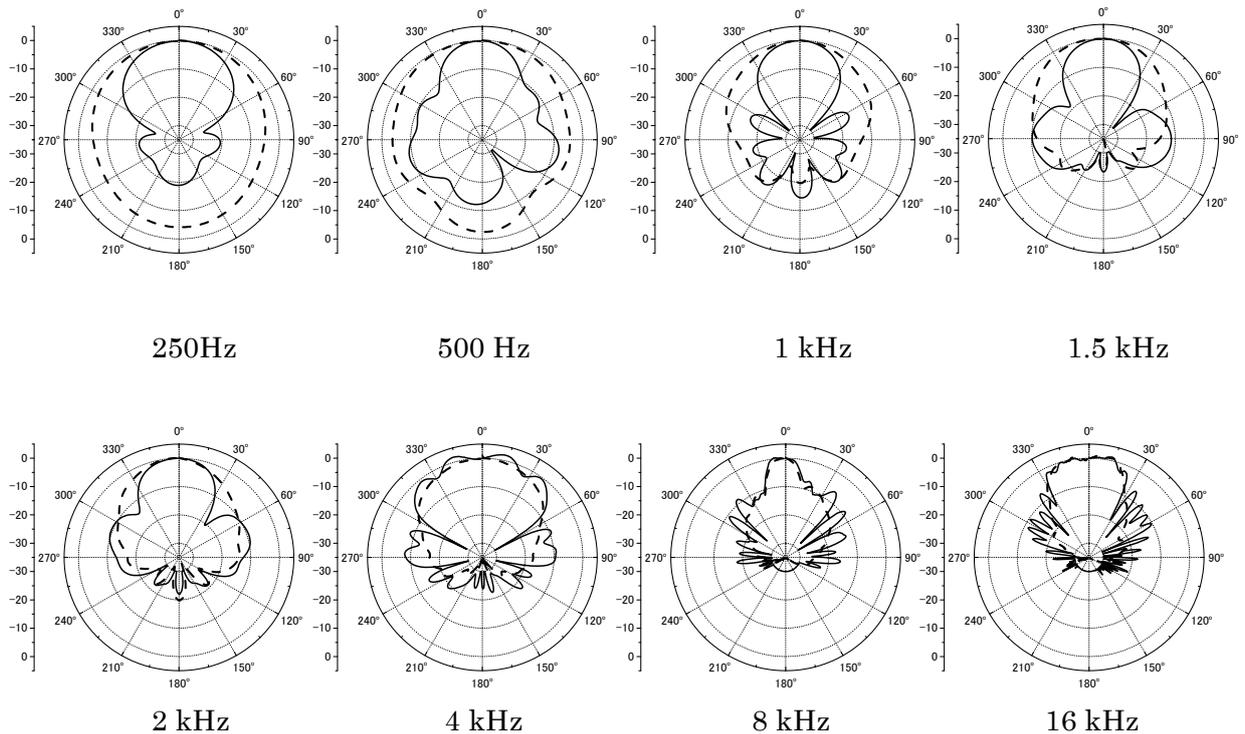


図7 指向性改善の効果（実線：指向性改善処理後、破線：指向性改善処理前）

## 5. おわりに

音響遮蔽板を利用したマルチチャンネルワンポイント球形マイクロホンを開発し、一定の周波数以上で、ビーム幅が一定になることを示した。また、指向性の得られない低域において、複数のマイクロホン素子を組み合わせさせた指向性合成の可能性を示した。今後、さらなる小型化を目指して研究開発を進めてゆきたい。

## 参考文献

- [1] Hamasaki, et al., SMPTE J., 117(3), 40-49, 2008.
- [2] <http://www9.nhk.or.jp/pr/marukaji/m-giju232.html>
- [3] 猿渡他, 音響誌, 61(7), 380-385, 2005.

## 執筆者のプロフィール



小野 一穂 (おの かずほ)

1965 年生まれ。東大工学部修士卒。1991 年 NHK 入局、以来放送技術研究所にて、電気音響変換器、スーパーハイビジョン音響等の研究開発に従事。2013 年より、(一財)NHK エンジニアリングシステムに出向。趣味はクラシックのピアノ演奏。

特集:マイクロホン

リアキャンセル マイクロホン CSR-2 について

三研マイクロホン株式会社 技術部

盛田 章

1) はじめに

ショットガンマイクロホンは、離れた場所の音をクリヤーに收音することを目的とし、近づけない場所で発する音の收音に利用する。たとえば、スポーツ番組や報道番組の中継、ドラマなどでマイクロホンの仕込めない状況での收音の場合である。このようなマイクロホン設計では、なるべく周りの音を取らず目的音のみを收音する指向性パターンを目指している。

従来のショットガンマイクロホンでは、一般的にライン効果のない中低域では横方向の音を取らないように、スーパーカーディオイド特性に調整されている。このため、中低域の指向性パターンは後ろの方にローブができ、マイクロホンの後ろから来る目的音以外の音、ノイズを收音してしまう。

このノイズをなるべく收音しないように、中低域で後ろ方向に形成される指向性のローブをキャンセルするマイクロホンを開発し、リアキャンセルマイクロホン CSR-2 として、今年 4 月に発売を開始したので、紹介する。

なお、このマイクロホンは、NHK 放送技術研究所と共同で開発した。また、このマイクロホンについては、これまでに数多くの報告がある。[1]~[7]

2) マイクロホンの構成と動作

このマイクロホンは、図 1-1 に示すように、前方に向けたラインマイクロホンと後方に向けた単一指向性の 2 次の音圧傾度マイクロホンから構成されている。動作は、ラインマイクロホンの出力から、ローパスフィルタ (LPF) により帯域制限した 2 次の音圧傾度マイクロホンの出力を減算することにより、中低域で指向性パターンの後方のローブを消している。図 1-2 は中低域での指向性パターンのリアキャンセルを行うことによる変化の様子を模式的に表している。リアキャンセル出力では、ラインマイクロホンのスーパーカーディオイド指向性パターンの後方のローブが抑圧されることが分かる。

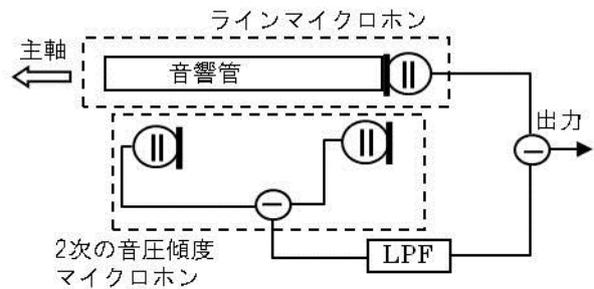


図1-1 リアキャンセルマイクロホン構成図

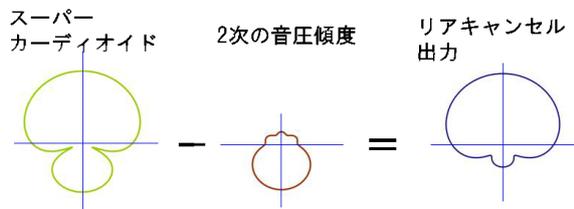


図1-2 中低域での指向性パターン遷移 (リアキャンセル効果の説明図)

2-1) ラインマイクロホン

音響管に全指向性マイクロホンカプセルを取り付けたラインマイクロホンの主軸に対して  $\theta$  方向から到来した音波に対する感度は、遅延和モデルによる解析では、音響管がない場合の音響管の受端位置での音圧を基準とすると、

$$E_L(\theta) = K_1 e^{-j\frac{k\ell}{2}(1-\cos\theta)} \frac{\sin\{k\ell(1-\cos\theta)/2\}}{k\ell(1-\cos\theta)/2} \dots\dots (1)$$

で表される。なお、 $K_1$  比例定数、 $\ell$  は音響管の長さ、 $k(=\omega/c, c$  は音速) は波長定数である。

図2に、式(1)を用いて計算した CSR-2 で採用した音響管長  $\ell=120\text{mm}$  の時の周波数特性を表す。この図に示すように、ラインの効果が出る高域では、指向性が鋭くなり、中低域ではカプセルの特性である全指向性となることが分かる。

一般的なラインマイクロホンでは、中低域でもある程度指向性を得るように、受音に指向性マイクロホンカプセルを使用している。その指向性パターンは、単一指向性よりも横からのノイズに強いスーパーカーディオイドに調整している。図3にその周波数特性を示す。このように、中低域はスーパーカーディオイド、高域はラインマイクロホンの特性となっている。中低域では、 $90^\circ$  方向のノイズに対し、単一指向性では  $-6\text{dB}$  の減衰に対しスーパーカーディオイドでは、 $-10\text{dB}$  近い抑圧効果が表れており、全帯域で横からのノイズを抑圧している。しかし、スーパーカーディオイドでは、単一指向性には基本的に現われない後方に感度を持ち、この方向からのノイズを拾ってしまう。

リアキャンセルマイクロホンでは、中低域の  $180^\circ$  方向の感度を、後方に向けた単一指向性の2次の音圧傾度マイクロホンで打ち消し、後ろからのノイズを抑圧する。

2-2) 単一指向性の2次の音圧傾度マイクロホン

$180^\circ$  方向に向けた単一指向性の2次の音圧傾度マイクロホンの感度の式は、

$$E_2 = K_2 \left( \frac{1}{2} + \frac{1 - e^{-jkd \cos(180-\theta)}}{j2kd} \right) (1 - e^{-jkd_1 \cos(180-\theta)}) \dots\dots (2)$$

と表される。ここで、 $K_2$  は比例定数、 $d$  はマイクロホンカプセルの音響端子間距離、 $d_1$  は2次の音圧傾度マイクロホンを形成する2個のマイクロホンカプセルの間隔、 $k$  は波長定数である。

CSR-2 の設計値である  $d=26\text{mm}$ 、 $d_1=120\text{mm}$  の場合の周波数特性は、図4となる。このように  $180^\circ$  方向では、必要とする中低域では、低域に向かって、1オクターブ  $6\text{dB}$  で減衰する特性となる。このマイクロホンをリアキャンセルに用いるには、周波数特性を補正して、ラインマイ

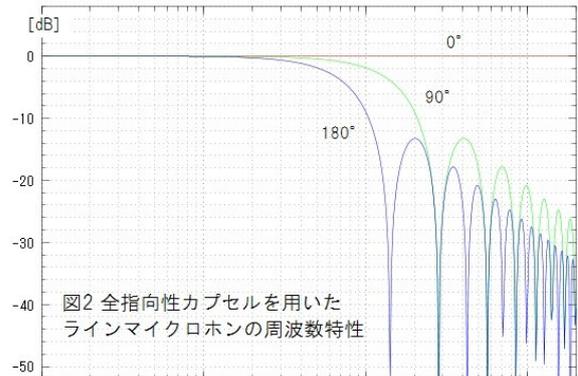


図2 全指向性カプセルを用いたラインマイクロホンの周波数特性

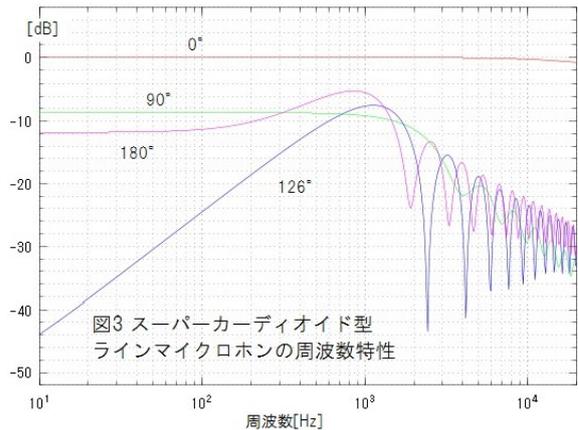


図3 スーパーカーディオイド型ラインマイクロホンの周波数特性

クロホンの 180° 方向の特性に近づける必要がある。また、リアキャンセルの必要でないラインマイクロホンの本来の高域の特性に影響を与えないようにする必要がある。このため、単一指向性の 2 次の音圧傾度マイクロホンの出力に周波数特性補正のためローパスフィルタとさらに不要帯域をカットするためローパスフィルタを通してている。

周波数特性補正のためのフィルタのカットオフ周波数は、なるべく低く設定した方が平坦になる帯域は広がるが、結果的にレベルを減衰させているので、マイクロホンの固有雑音レベルが上昇する。このため、あまり低い周波数に設定することはできない。全体の特性を考慮して、カットオフ周波数は 80Hz 程度に設定した。

不要帯域をカットするフィルタについては、ラインマイクロホンの音響管の効果が出る周波数までと考えカットオフ周波数を決めた。理論的に音響管の長さの 2 倍が 1 波長になる周波数が、180° から到来した音波の感度が 0 になる最初の周波数である。このマイクでは、120 mm の長さの音響管を使用しているため、波長が 240 mm すなわち約 1.4kHz で 180° の周波数特性の最初のディップとなる。ラインマイクロホンの本来の特性が得られるのは、この周波数から上と考え、カットオフ周波数を 1.2kHz 程度に設定した。この 2 段のフィルタを通した後の周波数特性を図 5 に示す。

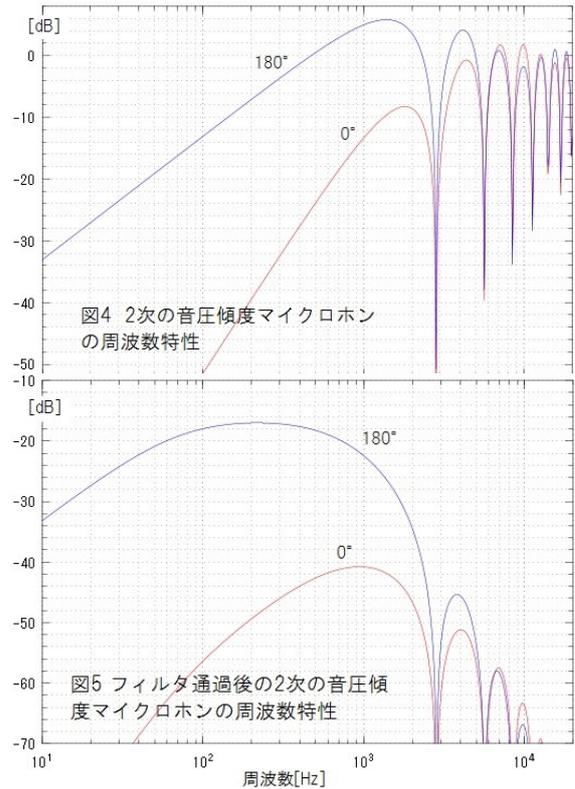


図4 2次の音圧傾度マイクロホンの周波数特性

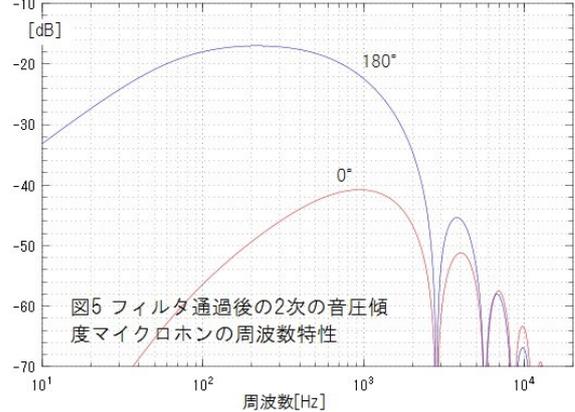


図5 フィルタ通過後の2次の音圧傾度マイクロホンの周波数特性

### 2-3) リアキャンセルマイクロホン

2-1) で述べたラインマイクロホンから、2-2) の単一指向性の 2 次の音圧傾度マイクロホンのフィルタ通過後の出力を減算することにより、リアキャンセル特性を得る。両マイクロホンの 180° 方向の出力レベルを一致させるため、2 次の音圧傾度マイクロホンを約 6dB 増幅した後、合成している。計算結果を図 6 に示す。この図のように、180° 特性は、100Hz から 200Hz の間にディップ状にへこみができ、キャンセル効果が表れていることが分かる。

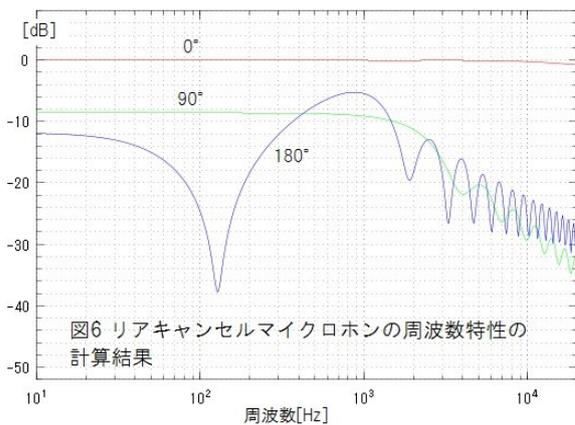


図6 リアキャンセルマイクロホンの周波数特性の計算結果

### 3) CSR-2

4 月に新発売したリアキャンセルマイクロホン CSR-2 を図 7 に示す。リアキャンセルしない場合(off 時)の感度周波数特性を図 8 に、リアキャンセルを働かせた場合(on 時)の感度周波数特性

を図9に示す。図8と図9を比べると分かるように、リアキャンセルを働かせると180°方向の感度が中低域で15dB程度減衰している。減衰する帯域は100~1000Hzとかなり広帯域で良好なキャンセル効果が表れていることが分かる。これは、計算結果の図6の比較的狭い帯域のディップを形成するキャンセル特性とは一致しない。この原因のひとつとして、ラインマイクロホンの計算に音響管内の線路インピーダンスを考慮しない遅延和モデルを利用したことによるものと考えられる。そこで、ラインマイクロホンの計算により実際に則する分布定数モデル<sup>8)</sup>の適用が必要と考える。紙面の都合で、この詳細は割愛するが、分布定数モデルによるリアキャンセルマイクロホンの計算結果の一例を図10に示す。図9の実測値と比較すると良く一致していることが分かる。

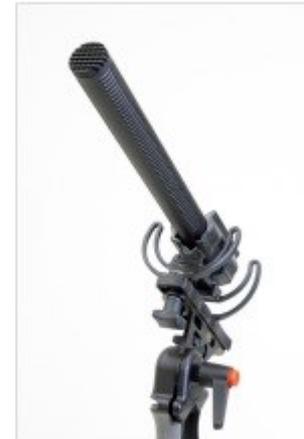


図7 CSR-2

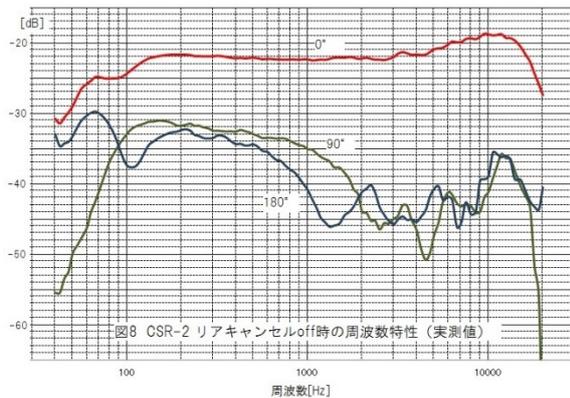


図8 CSR-2 リアキャンセルoff時の周波数特性 (実測値)

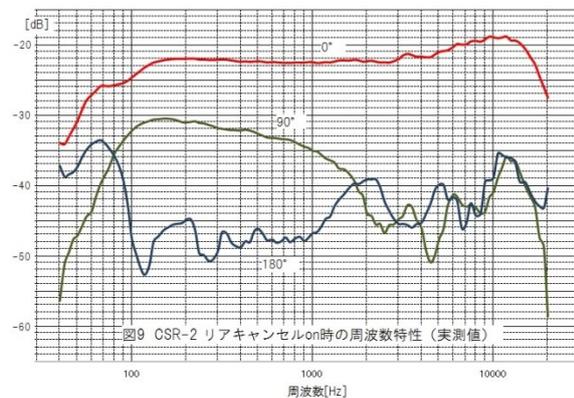


図9 CSR-2 リアキャンセルon時の周波数特性 (実測値)

#### 4)おわりに

新しく発売しているリアキャンセルマイクロホン CSR-2 の動作を説明するため、理論的考察を行った。ラインマイクロホンを遅延和モデルで計算した場合、キャンセル効果は示されるが、その周波数特性は、実測値とはあまり一致しない。ラインマイクロホンの計算には分布定数モデルの適用が必要であることが分かった。実機におけるリアキャンセル

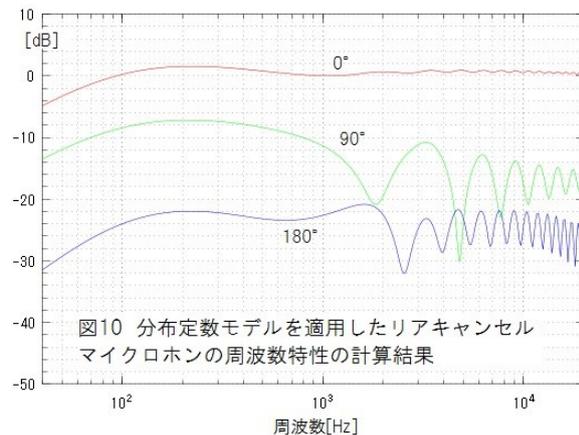


図10 分布定数モデルを適用したリアキャンセルマイクロホンの周波数特性の計算結果

効果は、中低域の広い帯域に良好に作用し、高域のラインマイクロホンの効果と合わせて全帯域で後方からのノイズを抑圧しており、前方の目的音を明瞭に収音できるマイクロホンが実現した。

リアキャンセルマイクロホン CSR-2 の主な仕様を表1に示す。このマイクロホンは、リアキャンセル on/off スイッチを搭載し、リアキャンセルが必要ない時は、従来のショットガンマイクロホンとしても利用できるようになっており、設置場所、収音目的に応じて使い分けることができる。

このマイクロホンは、後ろに中低域の雑音源があるときは、鋭く雑音を抑圧し非常に効果的に目的音を收音することができる。マラソン中継などでバイクに搭載しエンジン音など後ろから到来する中低域の騒音を抑圧したい時やスポーツ番組で後ろの歓声などを收音したくない時、後ろに空調などに騒音源がある時などいろいろな場面が考えられる。現場でどしどし使用していただいて、問題点、改善点などがあればご指摘いただければ幸いです。

表1 CSR-2の仕様

指向特性	中高域：狭角度指向性 中低域：リアキャンセル
トランスデューサー	バックエレクトレットコンデンサ×3
周波数特性	70Hz～18kHz
感度(1kHz標準)	71mV/Pa (-23dB,0dB=1V/Pa)
固有雑音の 入力換算等価音圧レベル (A特性)	16dB-A (リアキャンセルON) 15dB-A (リアキャンセルOFF)
最大入力音圧レベル(1% THD)	123dB SPL
スイッチ	リアキャンセルON/OFF
出力インピーダンス(1kHz)±30%	150Ω
電源(ファンタム給電)・消費電流	+48V±4V · 4.5mA以下
寸法・質量	Ø22mm、全長 250mm · 170g

CSR-2については、弊社のホームページ [www.sanken-mic.com](http://www.sanken-mic.com) もご覧いただきたい。

最後に、開発にあたり NHK 放送技術研究所に多大なる協力をいただいた、ここに謝意を表す。

#### 参考文献

- [1]石井ほか, “超小型狭角度指向性マイクロホン”, AES 東京コンベンション 2005 予稿集(2005)
- [2]T.Sugimoto et al., “Development of Narrow-Angle Directional Microphones with Suppressed Rear Sensitivity”, AES 14th Regional Convention, Convention Paper(2009)
- [3]小野ほか, 「音響管を用いた狭指向性マイクロホンにおける背面感度の抑圧条件」, 日音講論集, 2-P-24, 2009年3月(2009)
- [4]T. Sugimoto et al., “A Narrow-Angle Directional Microphone With Suppressed Rear Sensitivity”, IEEE Trans. Broadcast. Vol. 56, No.1, pp. 92-97 (2010).
- [5]小野ほか, 「背面感度抑圧特性を有する狭指向性マイクロホンの特性に関する考察～音響管のモデリング～」, 日音講論集, 3-P-19, 2010年3月(2010)
- [6]杉本ほか, 「後方の感度を抑圧した狭指向性マイクロホン」, NHK R&D, No.126(2011)
- [7]杉本ほか, 「後方の感度を抑圧した狭角度指向性マイクロホンの小型化」, 映像情報メディア学会誌, Vol.66, No.5, pp.J151-J157(2012)
- [8]溝口, 「ラインマイクロホン用音響管に関する考察」, 日音講論集, 1-2-12, 昭和42年11月(1967)

#### 著者プロフィール



盛田 章 (もりた あきら)

1977年 熊本大学大学院電子工学専攻修了。同年 NHK 入局。岡山放送局を経て、1981年 NHK 総合技術研究所に異動し、音響機器の研究に従事。2010年 NHK 退職。同年、三研マイクロホン株式会社に入社し、マイクロホンの開発に従事、現在に至る。日本音響学会会員、AES 会員。

## ソニー業務用コンデンサマイクロホン 「C-800G」

ソニー株式会社

IP&S セクター

プロフェッショナル・ソリューション事業本部

コンテンツクリエイション・ソリューション事業部

村上 佳裕

### 1. はじめに

ソニーの業務用マイクロホンは、業務用機器の中で最も長い歴史を持っており、1958年に国産業務用コンデンサマイクロホンの先駆者である「C-37A 真空管式コンデンサマイクロホン」を発売して以来、50年以上に渡って、多くのモデルを世に送り出してきました。

その中でも長年定番となっており、古典芸能の落語や漫才、音楽番組用の収音マイクロホンである FET（電界効果型トランジスタ）を採用した「C-38B コンデンサマイクロホン」があります（現在も販売中）。

この「C-38B コンデンサマイクロホン」が世に出た 1965 年当時は、放送局、レコーディングスタジオは、リボン型マイクロホンと真空管式コンデンサマイクロホンの全盛期でした。

真空管式コンデンサマイクロホンは、真空管が温まって安定するまでに時間がかかり、しかも真空管に印加するための高電圧やヒーター電圧を供給するための外部電源機器を必要とするもので、運用面では手間のかかるものでした。

FET 式の「C-38B コンデンサマイクロホン」の登場は、これらの課題を解決するもので、FET 半導体により、電源スイッチを入れてから運用に至るまでの時間が短く、また内蔵電池による動作も可能

であることから、この利便性に加え、音質の良さもあり、レコーディングスタジオ、放送局業界から一躍、脚光を浴びる存在となりました。

一方、ソニーのコンデンサマイクロホンのラインナップには、1992年に発売したレコーディングスタジオ用の高音質コンデンサマイクロホン「C-800G」があります。FET 式コンデンサマイクロホンの利便性に相反する復古的な商品です。なぜ真空管を採用したのか、本体背面に冷却フィンを持つユニークな構造になったのか等、当時の開発背景や技術面を交えて、ご説明させていただきます。



写真1. 1958年発売  
「C-37Aコンデンサマイクロホン」



写真2. 1965年発売  
「C-38Bコンデンサマイクロホン」



写真3. 1992年発売  
「C-800Gコンデンサマイクロホン」

## 2. なぜ真空管を採用したのか？

開発が着手されたのは1988年ことでしたが、スタジオレコーディング、音楽業界において順次、デジタルレコーディングが導入され、従来のLPレコードがCDに移行するという、まさにデジタルオーディオ時代の到来の時期でした。

CD開発やソフト普及の先頭に立っていた故大賀典雄社長は、「ソニーの最高技術を駆使した最高の機器で、最高の音質を世の中に提供しよう」という大きなビジョンを掲げました。そして、「ソニー クラシカルプロジェクト」という取り組みが発足したのです。このプロジェクトから生まれた業務用音響機器には、伝説的な存在である最高級のレコーディングコンソールミキサーのオックスフォード デジタルコンソールミキサー「OXF-R3」やPCM デジタルマルチトラックレコーダ「PCM-3348」などがあります。



写真4.  
「PCM-3348 デジタル  
マルチトラックレコーダ」



写真5.  
「OXF-R3 デジタルコ  
ンソールミキサー」

プロジェクト発足と時を同じくして、国内外の多くのレコーディング会社のサウンドエンジニアやプロデューサーから真空管マイクロホンでボーカルを録音したいとの要望が寄せられました。アメリカ西海岸を中心とし、真空管マイクロホンは根強い人気があります。

実は「C-37A」コンデンサマイクロホンも、この西海岸が人気の火が付いたきっかけの地です。今でも「C-37A」の音をビンテージマイクロホンとして愛用しているスタジオもあるくらいですが、残念ながら、この1988年には「C-37A」を含む真空管式マイクロホンの殆どが製造中止となっており、次の真空管式マイクロホンの登場を切望されている状況でした。

当時の「C-800G コンデンサマイクロホン」の商品企画コンセプトは、「スピード感、芯のある太い音でありながら清明、かつ圧倒するくらい前に出てくる音を目指す。」ということでした。

そして、様々な検討を重ねた結果、真空管が、最も優れているという結果に至ったのです。サウンドエンジニアが長年評価した音質の良さ、音の出方、そして、これらの音色が最も満足できるデバイスとして真空管が最適だと判断し、白羽の矢を立てたのです。

しかしながら、実際の開発に当たっては苦労の連続で、試作に継ぐ試作でした。プロジェクトを成功させるべく、ベルリン、ロンドン、シカゴでソニーミュージックエンターテイメント（現 ソニー・ミュージックコミュニケーションズ）の協力の元、何度も厳しい評価を受けて、試作を繰り返し、商品化が進められました。これと並行して、国内外の著名レコーディングエンジニアやアーティストによる評価もいただき、1992年の発売に漕ぎ着けたのです。

### 3. 真空管と電気回路

当初、低雑音でノイマン製マイクロホンにも採用されていたサブミニチュア管の AC701（テレフケン製）やニュービスタ管と言われるセラミックと金属を用いた「6CW4（RCA 製）」も検討されました。これら真空管は、それ相応の音質は得られていたものの、より確実な調達性、動作の安定性、音質の点から検討され、最終的には C-37A でも実績のある「6AU6A」が採用されました。

「C-800G」では、6AU6A を 3 極管接続で、高感度、低雑音となるようレベル配分を行った増幅タイプ（利得 17dB）のカソード接地型回路を採用しています。

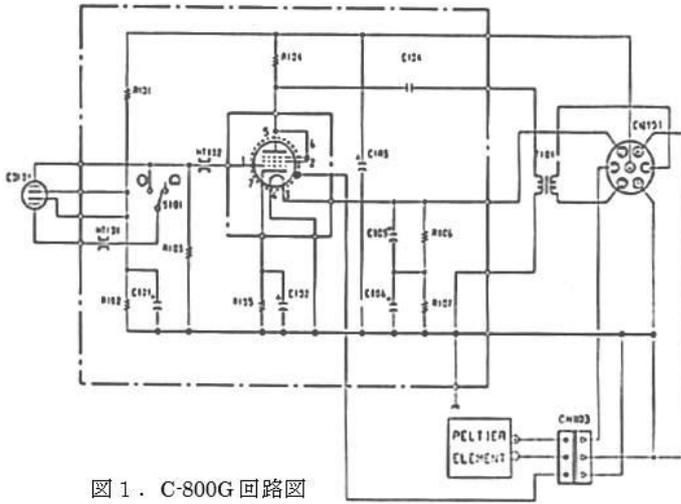


図 1. C-800G 回路図

6AU6A のプレートに印加する B 電圧は約 220V、ヒーター電圧は 5.7V にしています。真空管は、常温で動作する半導体に比較し、ヒーターで熱を加えカソードから強制的に電子を飛ばすので、電子の移動速度や量は、圧倒的なエネルギーの差があります。電圧設定をパラメータとした試聴の結果、このヒーター電圧が音質に影響していると考え、最適な電圧値を選び出しました。

一方で 6AU6A は雑音レベルやカーブトレサによるプレート・カソード電圧とプレート電流等の動作特性を一本ずつ計測し選別されています。

### 4. コンデンサーマイクロホンカプセル

「C-800G コンデンサーマイクロホンカプセル」のダイアフラムはφ34mm のデュアルダイアフラムを採用し、指向性は単一指向性と全指向性を電氣的に切り替えます。



図 2. 周波数特性（全指向性）

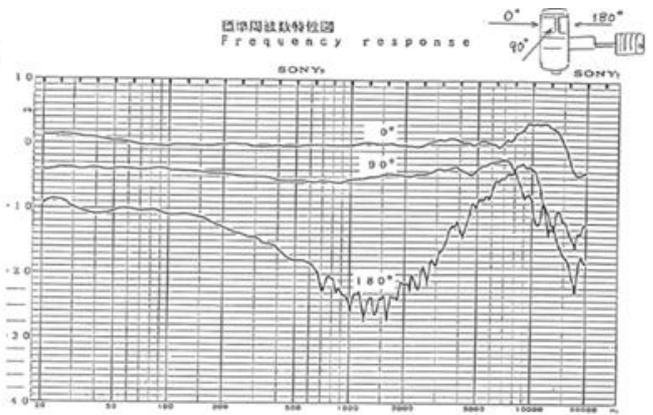


図 3. 周波数特性（単一指向性）

この大口径カプセルの採用に加え、カプセル自体の音響インピーダンスを低くし、ダイアフラムの音響負荷を軽減することにより、ダイアフラムの動きが軽くなり、音に対する追従性がより良くなっています。

その結果、大音量の收音にも繊細な表現力を保ちながら、低域から高域まで伸びのある厚みのある音を再現できます。また、カプセルの製造工程においては、ノイズの原因となる塵、埃を極力抑えたクリーンルーム内での作業に加え、感度・固有振動周波数  $f_0$  のズレを一定に保つため、金蒸着膜と絶縁材料とのギャップが  $1\mu\text{m}$  オーダーで調整可能な研磨装置を導入し、ダイアフラムの接着には熱硬化型の特殊な接着剤を使用することで、音響特性や品質面の安定を図っています。

## 5. 出力用トランス

出力トランスは、USA アーノルド社製パーマロイ EI-35 のコア材を使用しています。トランス設計では、6AU6A のカソード接地型回路と、デジタルオーディオ時代に求められる「最大入力電圧を高めながらマイク感度は高感度」を目指しました。さらに、音質的により良い特性を得るため、巻線比を小さくする方向で検討を行った結果、巻線比を 7:1 としました。

巻線においては特殊な巻き方を行い、自然で伸びのある音を実現しています。実はトランスを巻くのは特殊な巻き方故に、全て手作業で行っています。「C-800G」は、大分県・日出にあるソニー・太陽株式会社にて生産を行っております。この会社は、ソニー株式会社の特例子会社として障がいのある方も多数勤務されており、ソニー圏国内唯一のマイクロホン基幹工場として、重要な役割を担っています。ソニーの生産事業所には、「もの造りマスター」と呼ばれる製造のエキスパート認証制度があり、この「C-800G」も製造や技能に卓越した者だけが認められる「もの造りマスター」の一人が、ワンマンオペレーションとして 最初から最後まで一貫して作り上げており、いわゆる「匠の音」を実現しています。

## 6. 真空管の冷却

「C-800G」ユニークな特徴としてあげられるのは、背面には冷却フィンを備えていることです。採用した最大の理由は、最高音質を得るために真空管を冷却することです。

通常状態では真空管はカソードを温めるヒーターにより、表面温度は約  $75^{\circ}\text{C}$  に達します。この真空管を 10 数  $^{\circ}\text{C}$  くらいに冷却することにより、高調波ひずみが低減し (図 4・5)、聴感上も透明

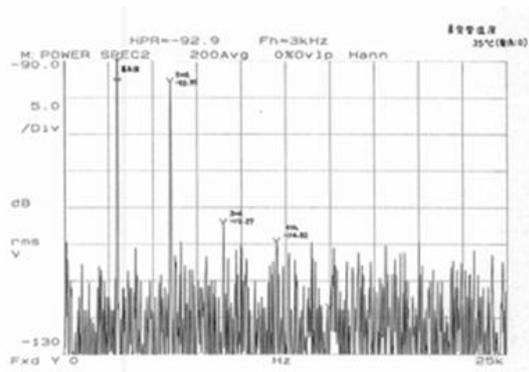


図4 真空管 冷却前

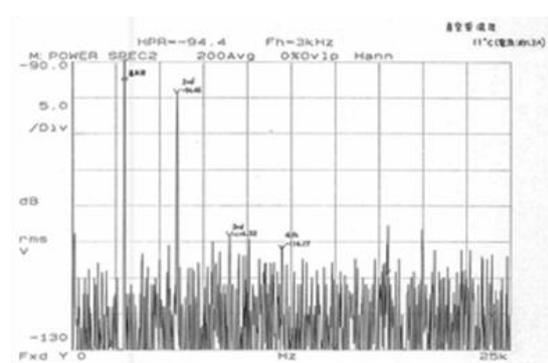


図5.真空管 冷却後

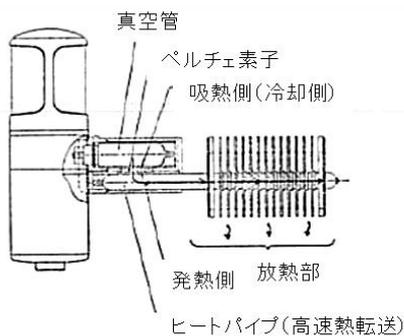


図6. C-800G 冷却構造

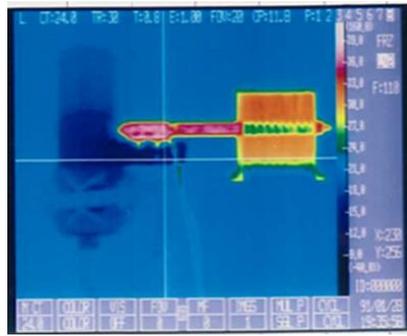


写真6. C-800G 温度分布

感があり、全体的にノイズレベルが下がった様な感じを受けます。

冷却構造を(図6)に示しますが、電子冷却素子(ペルチェ素子)、ヒートパイプ、放熱器から構成されます。ペルチェ素子は今や、地

球温暖化物質の原因の一つとなっているフロンガスの代替えとして、クーラーに採用されていますが、当時では珍しい素子でした。このペルチェ素子に直流電流を流すと、素子の片面が高温、反対面が低温になって熱を吸収する特性があります。これにより、真空管を低温部に熱伝導剤で密着させて、真空管の熱を奪い、他面の高温部にあるヒートパイプで放熱器にその熱を伝えています。(写真6 参照)。一般的な真空管マイクロホンは筐体内部に配置されていますが、「C-800G」の場合は筐体外部に配置されています。日本独特の高温多湿の季節を考慮し、湿度の高い季節では、冷却部に結露を生じる可能性があり、この問題を避けるために考え出した構造となっています。

## 7. おわりに

先日、ソニーの業務用コンデンサマイクロホン「C-37A」「C-38B」の設計を手掛けられた、元一般社団法人日本オーディオ協会会長の中島平太郎氏(現 NH ラボ Nakajima Heitaro Laboratory (中島平太郎研究所) 代表)のお宅に訪問した時の様子です。



写真7.  
中島平太郎氏とソニー・太陽技術者の三代さん

「C-38B」は発売以来、50年近く製造、販売を継続してきた商品です。この長い歴史の中、環境対応や部品の製造中止など、音質に関わる多くの課題に直面しました。「C-38B」のみならず、今回、ご紹介した「C-800G」は、今や音楽業界では単なるマイク

ロホンというより楽器の域となっていると言っても過言ではないものだと考えています。

ソニーのコンデンサマイクロホンの創始者である中島平太郎氏から、当時の設計コンセプトや開発の苦労話などお聞きすることで、その真髄を商品の継続、ならびに今後の高音質コンデンサマイクロホンの商品開発において、存分に活かしていく所存です。

【執筆者プロフィール】

執筆者：村上 佳裕（むらかみ よしひろ）

ソニー株式会社

IP&S セクター, プロフェッショナル・ソリューション事業本部

コンテンツクリエイション・ソリューション事業部 4部 統括部長

写真：



生年：1959年

学歴：上智大学 理工学部 電気電子工学科 卒

職歴：1983年 ソニー株式会社 入社

情報機器事業本部 音響機器事業部 配属

入社以来 30年以上に渡り、業務用有線マイクロホン・ワイヤレスマイクロホン等の音響機器商品化設計に従事

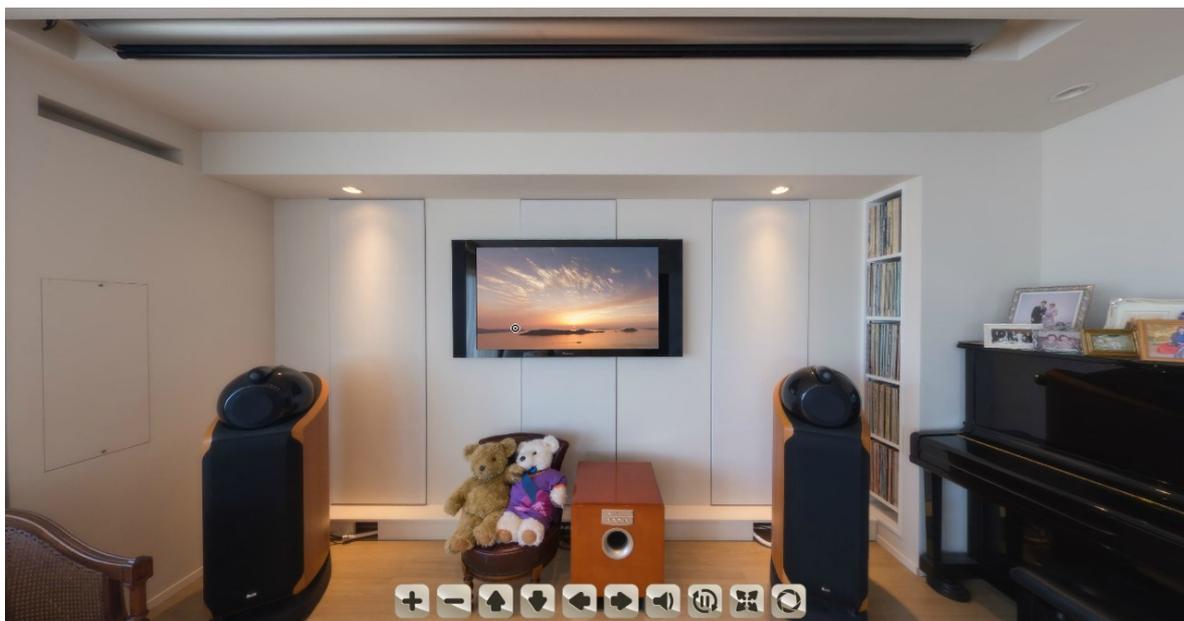
株式会社 ソニーサウンドコミュニケーション、ソニーイーエムシーエス 株式会社

湖西テックを経て、現在に至る

趣味：登山

連載 第23回 『試聴室探訪記』  
 ～谷口とものり、魅惑のパノラマ写真の世界～

T氏のオーディオ&ホームシアタールーム訪問  
 フォトグラファー 谷口 とものり・編集委員 森 芳久



今回の試聴室探訪は、中野区の高級マンションにお住まいのT氏のリスニングルーム／ホームシアターを訪ねました。新宿の高層ビル群をはじめ都内が一望できる眺望に恵まれたこの部屋で、存分に好きな音楽やホームシアターを楽しむため、建築当初よりそのための部屋を作ること考えられていたというT氏。いくら恵まれた高級住宅とはいえ音響的にいろいろな制約を受けるマンション、氏の満足する環境を整えるためにその設計依頼先が石井さんになったのは必然でしょう。今回も石井式音響処理法が駆使され、リビングルームとしての快適さを保ちながらとてもバランスの取れた素晴らしい音が心地よく響いていました。また、天井に組込まれたスクリーン（オーエスプラス e 製 140 インチ）を下ろせばホームシアターに早変わり、ソニーの 4K “SXR” 搭載プロジェクターとパナソニックのブルーレイディスクレコーダーによる 4K 映像の世界が楽しめます。氏はここで、毎日 2～3 時間をホームシアターとピュアオーディオをほぼ半々に楽しんでいるとのことですが、確かにこの心地良い部屋で質の高い音楽や映像を見ると、あっという間に 2～3 時間の時間が過ぎてしまいます。ジャズではホリー・コールやダイアナ・クラールなどのボーカルそしてクラシックではピアノコンチェルトがお好きとのことでしたが、確かにボーカルの定位、そして余韻は素晴らしいものでした。

また氏は、モノラルのアナログレコードをオイルダンパームで再生された大学時代よりオーディオを趣味としてこられ、今日も SA-CD や CD に加えアナログレコードの演奏比率は 30% とアナログレコード愛好家でもあります。アナログプレーヤーに Dr. Feickert Analogue の

Woodpecker、トーンアームには IKEDA、カートリッジには jan allearts を使われていることから、かなりの筋金入りと拝察いたしました。またこのパノラマ映像では見えませんが、実はこのラックの奥には Dan Dagostino の大型パワーアンプがセットされているのです。そしてこのラックは後ろにはバックルームがあり、配線などは全て裏側で簡単に差し替え出来る構造となっています。電源も十分配慮され、全オーディオ装置のためにブレーカーのところからオヤイデの電源ケーブルで専用線を引き込み、さらにアキュフェーズのクリーン電源 PS-520 がその名の通り電源をクリーンに見守っています。

今回も部屋についての詳細を石井さんに解説していただきましたので、そちらをご参照されながら、いつもの谷口さんの素晴らしいパノラマ映像をお楽しみください。

尚、リアスピーカーには Acustik-Lab の Bolero が使われています。

#### T 氏邸リスニングルームの設計について

石井伸一郎

今回の T 氏宅の例は分譲マンションのリビング部分をリスニングルームにしたものであるが、ダイニングルームに接していて部屋の平面形が L 字形状になっている。

オーナーの T 氏はこの家に越す前にもやはりマンションのリビングルームでオーディオを楽しんでいたので一度お邪魔して打ち合わせをしたが、B&W 802 を用いた装置は真空管アンプと半導体アンプをソフトによって切り替えてドライブして楽しむという非常に凝ったシステムであった。これだけの装置の性能を発揮するためには本格的な専用室が欲しいところであるが、このような環境で良い音のオーディオルームを如何にして構成するかの特ケースになると設計を引き受けることにした。

オーナーから拡散調音パネルを全面に配置する提案を頂いていたが、全体の構成は全帯域反射全帯域吸音の通称石井式で行くことにした。問題は如何に吸音部を確保するかにかかっているが、部屋の左側のベランダに面した大きなガラス窓、右側のピアノ設置部と作り付けの機器類ラック、収納室扉、キッチンのドアなどどうしても変更や移動が不可能な部分があるため、吸音部の配置ができる壁面が非常に少ないという問題があった。そこで正面の壁に 3 箇所と、ピアノ部の壁面とキッチン部の壁面に吸音部を設けることにした。天井はリビング部分に 3 箇所とダイニング部に 1 箇所設けることにした。

部屋の長さはダイニング部があるので 8m とかなり大きな値になっていて、幅は約 4.2m、天井高さは吸音層を設けたために 2.25m になっている。リスニングポイントは全体の中心より少し前なので、天井の低い部屋で発生する低域の大きな谷を避けることができた。またそのとき出来たばかりの非直方体室のシミュレーションができるソフトを用いて検討してみると伝送特性は、片チャンネルはかなり良いことが分かった。

T 氏は映像付のソフトも楽しめるのでスクリーンを設けることになっていたが、筆者宅の経験からスピーカーの前面に部屋の幅一杯にサウンドスクリーンを取り付けることを提案して採用されたがこれは完成後非常に喜んで頂いた。この形は今後のリスニングルームのスタンダードになるものと思われる。

改装工事は標準仕様で完成したものを引き取ってから行うことになっていたので引き取り時に部屋を見たが音響処理を全くしていないため、響きが多くオーナーのT氏はこれで本当に良い音の部屋になるのか危惧したそうである。

施工はパナソニック電工が行ったが、これは奥様とT氏がキッチン関係の相談にショールームに来られた際に、隣にあったホームシアターをご覧になってリビング部分の改装について相談があり、同社のホームシアター担当者がオーディオ協会のデジタルホームシアター普及委員会の委員をされていた関係で、筆者に設計を依頼したという経緯があった。筆者は委員会の非常に貴重な実例になるとお引き受けをしたのである。

改装が済んで音響特性を測定してみると左チャンネルの伝送特性が良いことが分かった。音響機器を設置して伝送特性を測定してみると、左チャンネルの特性が非常に良い特性でこれほど良い特性は本格的に設計したもので中々得がたい特性であった。右チャンネルには凹凸が有るが左右同時に鳴れば平均化されるのでかなりのグレードの再生音が期待できると思われた。

筆者は「現在リスニングルームの音響学」(誠文堂新光社刊)の改定増補版の執筆中であるが、この中に石井式の壁面の一部を切り取って吸音パネルとしたものについて最新の研究結果を用いて解説しているが、これによると石井式の吸音構造は非常に効率よく低域を吸音することが分かった。特に今回の例のように吸音部が非常に少ない場合には低音域を非常に効率的に吸音することが分かったが、それをうまく取り入れた形になっているのである。これからマンションのリビングルームで本格的なオーディオを始めたいという方の参考になれば幸いである。

図1 T氏邸 B&W802 の特性  
左チャンネルの特性が非常に良いのに注意して頂きたい。

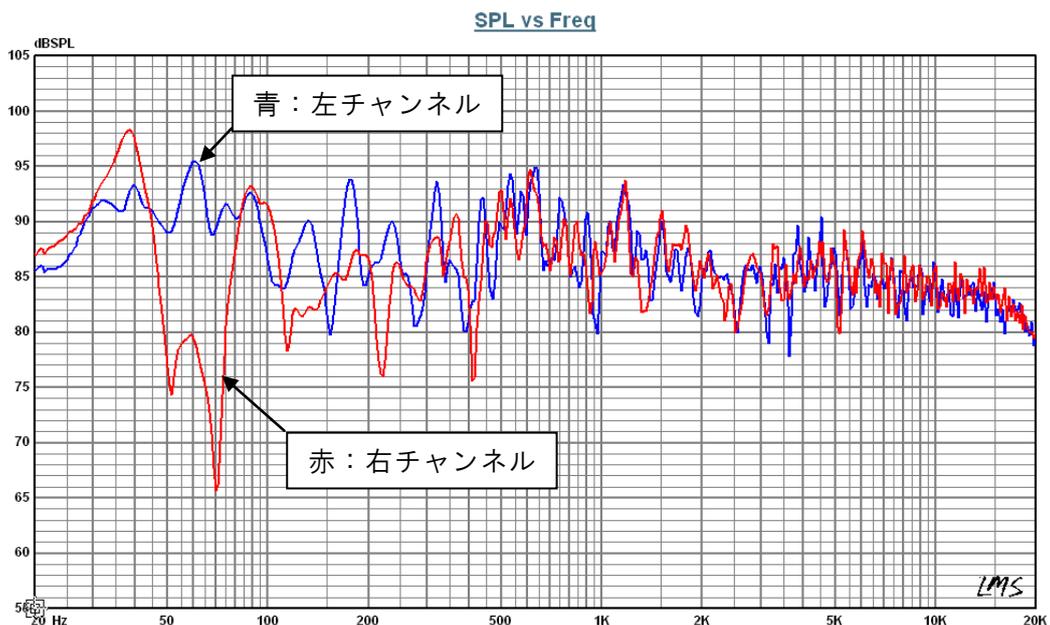
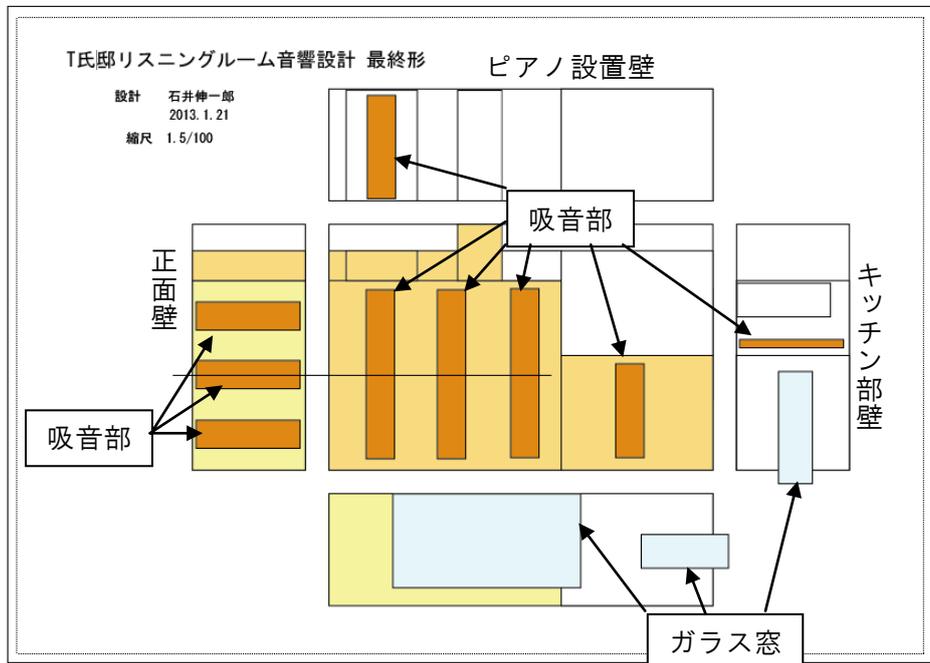


図2 T氏邸リスニングルームの図面



パノラマ画像の操作説明

- パノラマ写真は、[ここ](#)か、はじめのページの**画像**をクリックしてご覧ください。  
(ローディングに若干時間がかかる場合があります。)
- マウス操作で、画面を上下・左右 360 度、自在に回転してご覧いただけます。
- 画面下にある操作ボタンで次の操作ができます。
- + 画面のズームイン
- 画面のズームアウト
- ← 画面の左移動
- 画面の右移動
- ↑ 画面の上方向への移動
- ↓ 画面の下方向への移動
- 尚、カーソルを画面のオーディオ機器に当てると機種名が表示されます。

## 平成 25 年度第 6 回 (平成 26 年 3 月)

## 理事会報告・運営会議報告

## 理事会 議事

2014 年 3 月 26 日に平成 25 年度第 6 回理事会・運営会議が理事 13 名、監事 2 名と 3 名の理事代理の方の出席のもと、高輪台日本オーディオ協会大会議室にて開催されました。

理事会に先立ち校條会長から、最近の国内需要に関し、高級オーディオ市場で消費税増税前の駆け込み需要があったこと等、消費税増後の動向が懸念されるが、一方、37 インチ以上の大型 TV、BD プレイヤー、ポータブルオーディオ、フラッシュメモリー搭載のカーナビ等、堅調なカテゴリーもあるとの話がありました。

## 1. 第 1 号議案：新会員の承認を求める件

平成 25 年度第 5 回(平成 26 年 2 月)理事会以降、平成 26 年 3 月 25 日までの間に入会申請のあった個人正会員 1 名の入会が申請通り承認されました。

## 2. 第 2 号議案：平成 26 年度事業計画案と収支予算案の承認を求める件

始めに校條会長から事業計画案の説明がされました。平成 26 年度のキーポイントは下記の通りです。

- ・ 予算計画は「入るを量り、出を制する」考えで対応。特に「入り」は親和性のある異業種法人会員獲得と賛助会員の正会員化に取り組む。
- ・ 平成 26 年度のテーマは「ハイレゾリューション・オーディオ」を掲げ、技術・プロモーションの両面から取り組む。
- ・ 組織体制の強化としては、政策立案機能と運営会議との連携強化を目指し、現在の委員会の上部会議体としてステアリングコミッティー（ハイレゾ

リューション推進等技術会議、広報・プロモーション推進会議、財政・組織・IT 会議)を設置。これに伴い、各委員会は専門委員会とする。

次に事務局から平成 25 年度収支見込み、及び、平成 26 年度予算案が説明されました。

平成 25 年度の収支見込については、一般会計、展示会(音展)共に黒字化が達成されることが報告されました。

平成 26 年度予算は、会費収入が平成 25 年度並みの為、活動費配分を見直し、活動の効率化を図り、収支均衡で予算化されていることが説明されました。

以上の説明を踏まえ、平成 26 年度事業計画案と収支予算案はともに承認された。

## 運営会議 議事

## 1. 展示会(音展)開催について：

校條会長より 3 月 27 日に予定されている展示会説明会の内容が説明されました。出展社に向けた今年の運営コンセプトは下記の通りです。

- ・ 先進性ある情報発信と啓発
- ・ エンターテインメント性の追求
- ・ 市場創造と需要喚起のプロモーション

## 2. 協会ホームページリニューアルについて

事務局より、イベント情報、お勧めソフト情報等、コンテンツの充実を図り、情報発信強化する旨が説明され、理事会としての確認がされました。